ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 JUIN 1925.

PRÉSIDENCE DE M. E.-L. BOUVIER.

AVIS AUX AUTEURS

Par suite des difficultés financières actuelles, l'Académie a décidé, dans le Comité secret de la présente séance, d'apporter au règlement des *Comptes rendus* (¹) les modifications et additions suivantes, qui entreront en vigueur à partir du 6 juillet 1925 :

ARTICLE 1er. — Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus *quatre* pages par numéro.

Un Membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de *dix* Notes par année.

. . . .

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus *trois* pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de *huit* Notes par année.

. . . .

ARTICLE 2. — Les Notes des personnes qui ne sont pas Membres ou Correspondants de l'Académie ne peuvent pas dépasser *deux* pages *et demie*. Le nombre des Notes d'un même auteur ne peut être supérieur à *cinq* par année.

. . . .

NOTA. — *La page comprend* 38 *lignes de* 67 *lettres ou intervalles.*

(¹) Le règlement figure au verso de la couverture de chaque numéro.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret, en date du 5 juin 1925, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Gustave André** pour occuper, dans la Section d'Économie rurale, la place vacante par le décès de M. *L. Maquenne*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Gustave André** prend place parmi ses Confrères.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. le professeur **S.-A. Mitchell**, directeur de l'Observatoire Mac Cormick (Université de Virginie), qui assiste à la séance.

MÉCANIQUE. — *Sur le phénomène de la réfraction.* Note de M. **L. Lecornu**.

La vitesse de la lumière varie, d'après l'hypothèse des ondulations, proportionnellement au sinus de l'angle formé par le rayon lumineux avec la normale à la surface de séparation de deux milieux. Suivant l'hypothèse de l'émission la variation s'effectue dans le rapport inverse; mais ce dernier résultat, contredit par l'expérience, suppose qu'on assimile le rayon à la trajectoire d'un point matériel soumis uniquement à une force agissant normalement à la surface. Or rien n'autorise à dire qu'il en est ainsi, et le fait qu'un projectile heurtant obliquement un obstacle est soumis, en raison du frottement, à une action tangentielle conduirait plutôt à supposer le contraire.

Sans prendre parti entre les deux hypothèses, je désire préciser ici la condition que doit remplir une force agissant sur un point matériel pour que la vitesse varie comme le prévoit l'hypothèse des ondulations. Je ne me restreins pas au cas d'un changement brusque de milieu : je considère le cas général d'un point traversant une suite continue de couches homogènes et

infiniment minces dont la constitution varie progressivement. J'admets que ces couches sont planes : horizontales, par exemple.

Soient m la masse, v la vitesse et i l'angle d'incidence. Nous voulons, en appelant a une constante, avoir $v = a \sin i$. La force, quelle qu'elle soit, peut être regardée comme étant la résultante d'une composante verticale $F_1 = m\gamma_1$ et d'une composante $F_2 = m\gamma_2$ normale à la trajectoire. Convenons, pour fixer les idées, que la vitesse est descendante ainsi que la force F_1 tandis que la force F_2 est dirigée de bas en haut.

En projetant sur l'horizontale et sur la tangente à la trajectoire, on obtient les deux relations

$$\frac{d(v \sin i)}{dt} = \gamma_2 \cos i, \qquad \frac{dv}{dt} = \gamma_1 \cos i;$$

d'où

$$\gamma_2 = \gamma_1 \frac{d(v \sin i)}{dv}.$$

En remplaçant $\sin i$ par $\frac{v}{a}$, il vient

$$\gamma_2 = \frac{2}{a} \gamma_1 v.$$

D'après cela, la trajectoire vérifie la loi $v = a \sin i$, pourvu qu'à la force F_1 normale à la surface de séparation de deux couches consécutives s'adjoigne une force F_2 normale à la vitesse, et proportionnelle au produit $F_1 v$. Si, en particulier, on attribue à F_1 la valeur constante mg, on retrouve la cycloïde représentant, comme on sait, la ligne brachistochrone pour un mobile pesant, et F_2 est alors la pression exercée sur ce mobile par la courbe qui le guide.

Nous rencontrons ici, une fois de plus, un genre spécial de forces, proportionnelles à la vitesse et normales à la trajectoire de leur point d'application, qui se présentent dans les mouvements relatifs (force centrifuge composée), dans les effets gyroscopiques et en Électromagnétisme.

GÉOMÉTRIE ET MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *A propos d'un théorème de Métrologie : Horloges élastiques et balances spirales.* Note [1] de M. **Jules Andrade**.

I. Le théorème énoncé dans ma Note du 17 novembre dernier doit être précisé et complété. L'élément fondamental en demeure un quadruple

---

[1] Séance du 2 juin 1925.

de ressorts hélicoïdaux de Le Roy, tous égaux, superposables, se suivant d'une manière continue dont chaque portion constitue un ressort d'étendue angulaire $P = n$ tours + un quart de tour. Pour fixer les idées, adoptons $n = 16$. Chaque portion géométrique envisagée n'est pas nécessairement sectionnée et peut reposer sur un double appui d'encastrement; mais, au point de vue du calcul, nous traitons chaque appui mobile soit comme virole double, soit comme piton double.

On peut aussi préparer des gabarits vérificateurs capables de contrôler les ajustages nécessaires pour le placement du second quadruple, que, rationnellement, j'ai défini comme un renversement du premier prolongé. Ce renversement d'orientation, après sectionnement de l'octuple, résulte d'une rotation autour d'une horizontale transverse, située à hauteur moyenne dans le plan diamétral commun à tous les pitons.

II. Considérons chacune des génératrices qui se trouve coïncidente pour deux viroles de parités contraires et appartenant au quadruple inférieur comprenant les spiraux consécutifs dans l'ordre vertical ascendant et désignés par leur indice et par le sens de leur travail, à savoir :

$$\overset{-}{\int_0}, \quad \overset{+}{\int_1}, \quad \overset{-}{\int_2}, \quad \overset{+}{\int_3};$$

et considérons d'une part la génératrice des viroles extrêmes $\overset{-}{W}_0$, $\overset{+}{W}_3$ et d'autre part la génératrice des viroles confondues $\overset{+}{W}_1$ et $\overset{-}{W}_2$.

Après le sectionnement du quadruple supérieur sur la virole commune désignée $\overset{+}{W}_3$, $\overset{-}{W}_4$ sur l'octuple primitif exécuté à l'avance, le renversement du quadruple supérieur aura pour effet de faire passer la génératrice coïncidente d'un côté à l'autre du plan diamétral commun des pitons.

III. On peut alors suivre aisément, sur un schéma graphique simple, le *groupement des forces élastiques productrices des pressions qui vont engendrer les frottement liés à ces pressions*. Tout d'abord *admettons au moins provisoirement l'hypothèse dite des techniciens* et rappelons que cette hypothèse transporte dans l'espace la répulsion ou l'attraction mutuelle piton-virole qui, je l'ai montré, interprète la méthode de Résal-Caspari applicable à la seule déformation transverse d'un ressort hélicoïdal.

IV. Observons d'ailleurs que toute force transmise au balancier par un bout-virole du ressort a son *prolongement passant* par le piton correspondant; et c'est *en définitive sur ce piton* que ladite force *transportée* peut y être décomposée suivant ces trois directions rectangulaires, savoir :

1° une parallèle à l'axe vertical d'ocillation; 2° une horizontale parallèle au plan diamétral commun des pitons; et enfin 3° une parallèle à une horizontale de profil, c'est-à-dire perpendiculaire au plan diamétral des pitons.

V. Conséquences de la décomposition graphique ci-dessus indiquée :

En laissant de côté un couple transverse régulièrement pendulaire que j'ai signalé dès 1911, nous obtenons enfin *ce système de forces transmis par l'octuple* au balancier :

1° Un couple longitudinal L agissant dans un plan de profil;

2° Un couple longitudinal λ agissant dans le plan diamétral commun des pitons;

3° Destruction des pressions longitudinales axiales transmises au balancier séparément par le premier quadruple et par le deuxième quadruple après son renversement.

Enfin observons que :

4° Par leurs parties principales les couples L et λ se recomposent en *un couple sensiblement parallèle au plan diamétral commun des viroles* et dont la valeur G approchée est

$$G = \frac{u}{P^2} \frac{4EI}{R^2}\left(1 - \frac{\cos u}{P}\right) 2h.$$

Or cet appui *latéral* fournit, durant une *oscillation simple entretenue*, le frottement résistant dont le moment est proportionnel à la *fonction paire :* $G_2 = \eta.G$, où η désigne $\pm 1 = \text{Sgn}\, u$.

VI. Dès lors, la perturbation sur la durée de cette oscillation saute de l'ordre de $\frac{1}{P^2}$ à l'ordre de $\frac{1}{P^4}$, et comparée au moment pendulaire transverse, elle passe à *l'ordre relatif* de $\frac{1}{P^3}$ réalisable au millionième. Ce qui pratiquement *pour des horloges élastiques tout au moins* rend ces pressions élastiques aussi négligeables que si elles n'existaient pas. Mon théorème de métrologie est donc justifié pour ces horloges.

VII. Il reste à le compléter pour l'équilibre des balances spirales et à établir l'indifférence complète de ce théorème à l'égard de l'hypothèse dite des techniciens ; c'est ce qu'il est facile de faire.

M. **Emmanuel de Margerie** fait hommage d'une brochure intitulée : *Une Mission d'enseignement géologique aux États-Unis*.

COMMISSIONS.

MM. E. Picard, D. Berthelot, pour la Division des Sciences mathématiques; MM. H. Le Chatelier, G. Urbain, pour la Division des Sciences physiques; MM. A. Rateau, G. Claude, pour la Division des Applications de la Science à l'Industrie, sont élus membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, formera une liste de candidats à la place vacante, dans la Division des Applications de la Science à l'Industrie, par le décès de M. *Charles Rabut.*

NOMINATIONS.

MM. M. Hamy et J.-L. Breton sont désignés pour représenter l'Académie à la séance solennelle de commémoration du *Centenaire de la Photographie* que tiendra la Société de Photographie, le 2 juillet prochain, dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne.

M. Maurice d'Ocagne est désigné pour représenter l'Académie au *Congrès des sociétés savantes de Normandie*, qui se tiendra à Alençon du 25 au 28 juin.

MM. F. Widal et H. Vincent sont désignés pour représenter l'Académie à la *Conférence de la syphilis héréditaire*, qui se réunira à la Faculté de Médecine de Paris les 5, 6 et 7 octobre prochain.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Émile Gau. *Calculs numériques et graphiques.*

2° Pierre Sève. *Les courants alternatifs.*

3° Carroll Lane Fenton et Mildred Adams Fenton. *The stratigraphy and fauna of the Hackberry stage of the upper Devonian.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur certaines courbes gauches.* Note de M. Tzitzéica.

Parmi les transformations affines on peut considérer deux sous-groupes particulièrement intéressants : ceux qui laissent invariable un point donné, à distance finie ou à l'infini. Le premier donne pour les courbes gauches un invariant différentiel relatif Td^2, où T est, comme d'habitude, le rayon de torsion de la courbe en un point quelconque M, d la distance du point fixe au plan osculateur en M. Le second donne l'invariant $T\cos^2\theta$, θ étant l'angle de la binormale avec la direction déterminée par le point invariable à l'infini.

On est ainsi conduit à étudier deux classes remarquables de courbes, celles pour lesquelles on a

$$(1)\qquad Td^2 = \text{const.}$$

et celles pour lesquelles

$$(2)\qquad T\cos^2\theta = \text{const.}$$

et qui jouissent de propriétés d'invariance par rapport au sous-groupe correspondant.

1. J'ai étudié, il y a déjà longtemps ([1]), les courbes de la classe (1). Aux propriétés trouvées alors j'ajoute celle-ci : toute surface réglée, qui contient deux courbes de la classe (1) comme lignes asymptotiques et seulement deux, a une ligne flecnodale à l'infini, l'autre étant la courbe de contact de la surface avec le cône circonscrit ayant le sommet au point fixe considéré. Cette propriété caractérise les surfaces réglées admettant deux lignes asymptotiques de la classe (1).

2. On peut déterminer, sans signe de quadrature, toutes les courbes de la classe (2). L'axe Oz étant parallèle à la direction fixe des transformations affines considérées, on a

$$y = f'(x), \qquad z = axf'(x) - 2af(x) + bf'(x) + cx,$$

a, b, c étant des constantes, $f(x)$ une fonction arbitraire, $f'(x)$ sa dérivée. On en tire le résultat suivant :

Sur tout cylindre, à génératrices parallèles à Oz, il y a une infinité de courbes de la classe (2).

([1]) *Annales de l'École Normale*, 28, 1911, p. 9 et suivantes.

3. J'ai étudié, comme pour les courbes de la classe (1), les surfaces réglées qui admettent au moins deux lignes asymptotiques de la classe (2). Voici les résultats de cette recherche.

Si la surface réglée est générale (c'est-à-dire sans plan directeur), elle ne peut avoir plus de deux lignes asymptotiques de cette classe. Dans ce cas, ces deux lignes et les deux lignes flecnodales coupent harmoniquement chaque génératrice de la surface.

Si la surface a un plan directeur, elle ne peut contenir deux lignes asymptotiques de la classe (2) sans en contenir une infinité. On doit alors distinguer deux cas, selon que la constante du second membre de (2) est la même pour toutes les lignes asymptotiques (curvilignes) de la surface, ou qu'au contraire elle varie d'une ligne à l'autre.

Dans le premier cas, la surface réglée fait partie des surfaces intégrales de l'équation aux dérivées partielles bien connue

$$rt - s^2 = \text{const.}$$

dont toutes les lignes asymptotiques jouissent de la propriété (2). Les lignes flecnodales sont alors confondues en une seule, la droite de l'infini de la surface réglée.

Dans le second cas, la surface est un conoïde. On obtient ainsi cette propriété intéressante d'un conoïde : Toute ligne asymptotique (curviligne) d'un conoïde appartient à la classe (2).

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la loi des erreurs d'observation.* Note [1] de M. M. SOUBBOTINE, présentée par M. Émile Borel.

1. M. M. Fréchet [2] vient d'attirer l'attention sur le fait que les deux axiomes utilisés par moi pour la déduction de la loi des erreurs, à savoir :

I. La probabilité d'une erreur dépend seulement de la grandeur de cette erreur et peut être exprimée par une fonction $\varphi(\varepsilon)$ ayant la première dérivée continue en général ;

II. La valeur la plus problable d'une quantité dont on connaît des mesures directes ne dépend pas de l'unité de mesure utilisée,

laissent pénétrer quelques fonctions sans dérivée continue qui ne sont pas

---

[1] Séance du 2 juin 1925.

[2] *Recueil de la Société mathématique de Moscou*, **32**, 1925, p. 5.

comprises dans la formule

$$(1) \qquad \varphi_m(u) = \frac{mh}{2\Gamma(m^{-1})} e^{-h^m |u|^m},$$

donnée par moi comme une généralisation de la loi de Gauss(1).

L'exemple donné par M. Fréchet est un cas bien particulier d'un fait de beaucoup plus important que j'étudie en détail dans un travail en cours de publication. En effet, la fonction la plus générale satisfaisant aux axiomes précédents est

$$(2) \qquad \Phi(u) = \mathrm{A}\Pi[\varphi_{m_1}(u)]^{k_1}[\varphi_{m_2}(u)]^{k_2}\ldots,$$

le produit étant supposé convergent. En déterminant A par la condition

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \Phi(u)\, du = 1,$$

nous aurons la loi des erreurs possédant les propriétés I et II, aussi bien que la suivante, qui en est la conséquence : (A). La valeur la plus probable de la quantité mesurée est indépendante de l'origine de l'échelle employée dans les mesures.

Parmi les fonctions (2) il y en a une infinité ayant leurs premières dérivées discontinues au point $u = 0$. La généralisation facile des raisonnements de M. Fréchet permet d'étudier complètement ce cas. D'un autre côté, le seul point pour lequel il est naturel d'admettre quelque singularité est précisémeut $u = 0$. On peut donc remplacer dans l'axiome I les mots « en général continue » par « continue sauf peut-être au point $u = 0$ ».

2. Les applications nombreuses de la loi de Gauss faites jusqu'à présent nous porte à croire qu'un seul facteur du produit (2) sera le plus souvent suffisant pour les besoins de la pratique. Mais il n'est pas facile, en restant dans le même ordre d'idées, de faire ressortir cela par quelque axiome. Le moyen le plus naturel d'y parvenir est, semble-t-il, l'introduction du postulat suivant :

III. La loi des erreurs doit être telle que les notions de la précision et du poids soient conservées; c'est-à-dire la probabilité $\varphi(h\varepsilon)$ de l'erreur $h\varepsilon$ doit être proportionnelle à $[\varphi(\varepsilon)]^k$, k étant une fonction de h indépendante de ε.

Si l'on introduit cet axiome, l'axiome II devient inutile car, en généralisant un peu les raisonnements de Bertrand (2), on peut montrer que la

(1) *Loc. cit.*, **31**, 1923, p. 300.

(2) *Comptes rendus*, **105**, 1887, p. 1099.

fonction (1) est la seule compatible avec ce postulat. Mais il ne semble pas que l'axiome III soit d'une nécessité aussi absolue que les propriétés II et (A). Pourquoi la probabilité $\varphi(h\varepsilon)$ ne pourrait être quelque autre fonction de $\varphi(\varepsilon)$? Sans doute, si nous considérons la relation

$$\varphi(h\varepsilon) = C[\varphi(\varepsilon)]^k$$

comme suffisamment établie par l'expérience, nous pouvons en faire un postulat. Mais est-elle bien prouvée ?

C'est une question qui mérite d'être étudiée.

Une confrontation sommaire de la loi de Gauss avec les observations porte à croire que cette loi est tellement démontrée par l'expérience qu'on peut l'adopter comme un principe général, et il ne reste plus que de composer ce principe en quelques axiomes plus simples. Mais la discussion des longues séries des observations m'avait donné toujours

$$m < 2,$$

m étant le paramètre de la formule (1); la répartition des zéros dans les tables des logarithmes donne

$$m = 1,4;$$

enfin les mouvements propres des taches solaires sont bien représentés ([1]) par la formule (1) avec

$$m = 1,027.$$

On voit donc qu'il serait mieux de laisser aux observations la détermination de m, au moins lorsque les observations sont suffisamment nombreuses. Ne serait-il pas mieux de laisser aussi aux expériences la détermination du nombre des facteurs dans le produit (2)?

3. Sans approfondir ici toutes ces questions je veux remarquer seulement que le résultat général confirme le point de vue formulé jadis par Bienaymé : il n'existe pas un lien mystérieux entre les probabilités des erreurs et quelque fonction particulière ; la loi de Gauss tout aussi bien que toute autre avec un nombre fini des paramètres n'est qu'une approximation plus ou moins bonne suivant le cas. Au contraire, en réduisant au minimum le degré d'arbitraire dans le choix de la fonction, nous arrivons à la fonction (2) avec une infinité de paramètres.

Ainsi, en partant des axiomes nous obtenons la loi des erreurs ayant la

---

([1]) *Astr. Nachr.*, **218**, 1923, p. 5.

même généralité que celle qui a été trouvée en suivant la voie ouverte par Laplace. Il est à remarquer cependant que les séries infinies de M. Charlier peuvent servir pour la représentation d'une distribution asymétrique aussi bien que symétrique, tandis que le produit infini $\Phi(u)$ n'est applicable que dans ce dernier cas. C'est un désavantage marqué s'il s'agit des applications statistiques, mais dans l'étude des erreurs d'observation l'asymétrie peut être exclue d'avance.

Dans le choix entre la formule (2) et les séries de M. Charlier nous ne pouvons être guidés, en général, que par des considérations de commodité.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Le théorème de Taylor dans l'analyse générale.* Note [1] de M. **Lawrence M. Graves.**

M. Fréchet a discuté récemment [2] la notion de différentiabilité des fonctions ou transformations $y = \mathrm{F}[x]$ d'un ensemble abstrait X en un ensemble abstrait Y. Sa définition de la différentielle est une généralisation toute naturelle de la notion de différentielle totale en un point $(x_{10}, \ldots, x_{n0})$ d'une fonction $f(x_1, \ldots, x_n)$ de n variables. Il serait intéressant de considérer une généralisation correspondante dans le cas où la différentielle existe et est uniformément continue *en tout point d'un domaine*. Avec M. Fréchet, nous allons nous restreindre au cas où les ensembles X d'éléments x et Y d'éléments y sont des espaces (D) vectoriels [3].

Soit $\mathrm{F}[x]$ une fonction ou transformation univoque d'un domaine X_0 de l'espace X en un ensemble d'éléments de l'espace Y. Soit $\mathrm{F}'[x, \Delta x]$ une seconde fonction qui fait correspondre à tout couple d'éléments x de X_0 et Δx de X un élément unique de Y, avec les propriétés :

1° $\mathrm{F}'[x, \Delta x]$ est uniformément continue quand x est dans X_0 et $\|\Delta x\| \leqq 1$;

2° $\mathrm{F}'[x, \Delta x]$ est distributive dans son argument Δx, pour tout x de X_0;

3° Le nombre

$$\frac{\|\mathrm{F}[x+\Delta x] - \mathrm{F}[x] - \mathrm{F}'[x, \Delta x]\|}{\|\Delta x\|}$$

---

(1) Séance du 18 mai 1925.

(2) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 806.

(3) On trouvera des postulats définissant les espaces (D) vectoriels dans la communication de M. Fréchet (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 419); ou dans le Mémoire de M. Banach (*Fundamenta Mathematicæ*, 3, 1922, p. 134, 135), en y supprimant la condition III.

tend vers zéro uniformément avec $\|\Delta x\|$, quand x et $x+\Delta x$ sont éléments de X_0.

Toutes les fois que ces conditions sont satisfaites, nous disons que la fonction F est de la classe C' sur le domaine X_0, et la fonction $F'[x, \Delta x]$ s'appelle la différentielle première de la fonction F. Comme M. Fréchet l'a démontré, il convient de remplacer l'accroissement Δx par dx et d'écrire

$$dF[x] = F'[x, dx].$$

Quand la fonction $F[x]$ est de la classe C' sur X_0 et lorsque sa différentielle $F'[x, dx]$ est aussi de la classe C' sur X_0 *uniformément* pour $\|dx\| = 1$, nous disons que F est de la classe C'' sur X_0. La différentielle première $F''[x, dx, d_1 x]$ de $F'[x, dx]$ s'appelle la différentielle seconde de $F[x]$. On voit aisément comment définir la classe $C^{(n)}$ et la différentielle $(n-1)^{\text{ième}}$

$$F^{(n)}[x, d_1 x, d_2 x, \ldots, d_n x]$$

de la fonction $F(x)$ [1].

Moyennant ces définitions, nous pouvons énoncer les théorèmes suivants :

I. *Une fonction* F *de la classe* C' *sur* X_0 *est uniformément continue sur* X_0.

II. *La somme d'une suite finie* $F_1, F_2, \ldots, F_p$, *de fonctions de* x *de la classe* $C^{(n)}$ *est aussi de la classe* $C^{(n)}$.

III. *Soit la fonction* $F[x]$ *de la classe* $C^{(n)}$, *et la fonction* $G[y]$ *de même. Alors la fonction* $H[x] = G[F[x]]$ *est aussi de la classe* $C^{(n)}$.

Prenons pour espace X, l'axe des nombres réels, et pour domaine X_0, l'intervalle $a < x < b$. Alors la fonction $F[x]$ fait correspondre à chaque valeur du paramètre réel x dans (ab) un élément unique de l'espace Y. Pour une telle fonction, nous définissons l'intégrale riemannienne

$$\int_a^b F[x]\,dx \tag{1}$$

comme ordinairement. L'intégrale (1) existe sûrement si la fonction F est uniformément continue sur (ab) et si l'espace Y admet une généralisation

---

[1] Ces définitions des classes C', C'', etc. sont des généralisations des définitions données par M. Oskar Bolza dans ses *Vorlesungen über Variationsrechnung*. Voir aussi la définition de la différentielle seconde, donnée par M. Fréchet dans le Mémoire *Sur les fonctionnelles bilinéaires*, dans les *Transactions of the American Mathematical Society*, 16, 1915, p. 232.

du théorème de Cauchy. Dans ce cas, nous pouvons aussi dire que la fonction

$$G[x] = \int_a^x F[x]\,dx$$

est de la classe C′ sur (ab), et sa différentielle est $F[x]\,dx$.

A l'aide de cette intégrale de Riemann nous pouvons obtenir une généralisation du théorème de Taylor. Disons qu'un domaine X_0 de l'espace abstrait X est *convexe* pourvu que l'élément $x_1 + \alpha(x_2 - x_1)$ soit dans X_0 lorsque x_1 et x_2 sont dans X_0 et $0 < \alpha < 1$.

Théorème de Taylor. — *Soit une fonction $y = F(x)$ de la classe $C^{(n)}$ sur le domaine convexe X_0, et soit Y un espace complet, en ce sens qu'il admet une généralisation du théorème de Cauchy. Alors pour tout couple x et $x + dx$ d'éléments du domaine X_0, nous avons*

$$F[x+dx] = F[x] + F'[x, dx] + \ldots + \frac{F^{(n-1)}[x, dx, \ldots, dx]}{(n-1)!} + \int_0^1 F^{(n)}[x + \alpha dx, dx, \ldots, dx]\frac{(1-\alpha)^{(n-1)}}{(n-1)!}\,d\alpha.$$

Cette formule d'ailleurs généralise la formule donnée par Jordan dans son *Cours d'Analyse* (1). De ce théorème pour le cas $n = 1$, nous déduisons par les méthodes de M. Fréchet (2) le fait que la différentielle seconde $F''[x, d_1x, d_2x]$ d'une fonction $F[x]$ est *symétrique* par rapport aux accroissements d_1x et d_2x. Alors on voit aisément que les différentielles d'ordre supérieur sont aussi symétriques par rapport à tout couple d'accroissements d_ix, d_jx.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la monogénéité des fonctions d'une variable complexe.* Note de M. **D. Pompeiu**, présentée par M. Appell.

1. Quand on expose la théorie des fonctions analytiques en suivant la voie de Cauchy, on commence par définir la *fonction de variable complexe*, c'est-à-dire la combinaison

$$\varphi(x, y) + i\psi(x, y) = f(z)$$

(1) Voir Tome 1, 3e édition, p. 251.

(2) Mémoire cité, p. 233.

avec

$$x + iy = z,$$

où φ et ψ sont deux fonctions réelles des deux variables réelles x et y et i le symbole des imaginaires. On définit ensuite la *continuité* de $f(z)$ et après la propriété restrictive qui est la *monogénéité*, c'est-à-dire l'existence d'une limite bien déterminée pour l'expression $\frac{f(z') - f(z)}{z' - z}$ lorsque le module $\mu = |z' - z|$, où z est fixe et z' variable, tend vers zéro.

Vient ensuite l'*holomorphie*, c'est-à-dire la propriété de $f(z)$ d'être monogène en *tous* les points formant l'intérieur d'un domaine, d'un cercle par exemple.

2. Mais il y a lieu de placer entre la notion fondamentale de monogénéité (en *un* point) et l'holomorphie, qui est une propriété se rapportant à *tous* les points d'un domaine, l'étude de certains cas intermédiaires, qui peuvent se présenter et qui conduisent à des problèmes intéressants.

Par exemple : une fonction $f(z)$ peut être monogène en un seul point. C'est ce qui arrive pour la fonction $f(z) = x^2 + y^2$, dont la partie imaginaire est identiquement nulle; cette fonction n'est monogène qu'au point $z = 0$.

D'une façon générale : $f(z)$ peut être *monogène* en certains points d'un domaine Δ, et *continue* seulement pour les autres points du même domaine.

Désignons par (Γ) l'ensemble des points intérieurs au domaine Δ (un cercle, par exemple); par (M) l'ensemble des points, de Δ, où $f(z)$ est *monogène;* par (C) l'ensemble des points où $f(z)$ est supposée *continue* seulement.

On sait, depuis longtemps, que pour certains types de l'ensemble (C), la monogénéité de $f(z)$, supposée seulement aux points de (M), s'étend forcément aussi aux points de (C), où $f(z)$ est supposée seulement *continue*. C'est le cas, par exemple, lorsque (C) se réduit à un seul point : fait analytique remarqué déjà par Briot et Bouquet.

Le problème général (étudié par divers auteurs) est le suivant : Quel doit être (C) pour que la fonction $f(z)$, supposée monogène en tout point de (M), soit nécessairement monogène aussi pour les points de (C), où elle a été supposée seulement continue.

3. Voici maintenant un autre problème, en quelque sorte complémentaire du précédent. En effet, dans le problème du numéro précédent, il s'agissait d'étendre la monogénéité de $f(z)$ aussi aux points de (C), lorsque cet ensemble remplit certaines conditions pour obtenir ainsi l'*holomorphie* de $f(z)$ dans le domaine considéré.

Plaçons-nous dans le cas d'une fonction $f(z)$ qu'on sait bien ne pas être holomorphe, mais qui possède des points de monogénéité. Un exemple simple est fourni par la fonction $f(z) = x^2 + iy^2$ dont les points de monogénéité forment la ligne $x = y$. Mais, on le voit facilement, il existe une fonction holomorphe qui prend sur la ligne $x = y$ les mêmes valeurs que $f(z)$.

En général, $f(z)$ peut être monogène en des points formant uue *ligne* Λ, sans qu'il existe de fonction holomorphe se raccordant avec $f(z)$ le long de Λ.

Mais alors il est naturel de se demander si $f(z)$, et sa dérivée le long de Λ, ne possèdent pas de propriétés particulières (comme il arrive dans le cas de la monogénéité pour *tous* les points d'une aire).

La réponse est négative : si une fonction $f(z)$ n'est monogène que pour des points (d'un domaine) situés sur une ligne rectifiable, on ne peut tirer de ce fait aucune propriété analogue à l'holomorphie.

D'une façon précise, étant donnée une fonction de variable complexe, continue quelconque [par exemple $g(z) = x - iy$], on peut construire une fonction $f(z)$ qui admette $g(z)$ comme dérivée en tous les points d'un certain segment de droite, et en ces points seulement.

4. Ainsi, pour que la monogénéité, imposée à une fonction de variable complexe, puisse lui conférer cette propriété qui est le caractère essentiel des fonctions analytiques (*la solidarité* entre les valeurs de la fonction dans les diverses parties de son domaine d'existence) il semble que cette monogénéité doit avoir lieu en des points dont l'ensemble ait une étendue non nulle. Du moins, l'exemple des points de monogénéité formant une simple ligne rectifiable nous montre que, dans ce cas, aucune propriété particulière ne peut être obtenue.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *L'invention du cinématographe.*

Note de M. **P. Noguès**, présentée par M. Charles Richet.

Le principe du cinématographe, principe essentiel qui permet de le distinguer de tout autre appareil et de toute autre invention, est le suivant : *une surface émulsionnée, pelliculaire et souple, se meut d'un mouvement intermittent et régulier au foyer d'un objectif. Un obturateur s'ouvre au moment des arrêts de cette surface pour donner passage à la lumière.*

Ce résultat peut être obtenu au moyen de mécanismes très divers, et quelquefois susceptibles de conduire à des résultats meilleurs et, par le

détail, nouveaux, tels que : la projection plus parfaite et plus stable, la projection en relief ou en couleurs, la synthèse ralentie.

Mais la première solution mécanique, dès qu'elle a été obtenue, suffit à constituer l'invention primaire, c'est-à-dire à déterminer l'inventeur du cinématographe,

On trouve, enregistrés dans les *Comptes rendus*, un ensemble de faits permettant d'élucider ce point d'histoire.

En 1882 [1] Marey décrit un appareil photographique à plaque fixe, *muni d'un disque chronographe obturateur, donnant, à des intervalles de temps égaux, des images successives des corps en mouvement sur fond obscur.*

Dans les années qui suivent, il applique sa méthode à l'étude de la locomotion animale et d'un grand nombre de phénomènes physiques.

Au cours de ces expériences, Marey (1888) modifie sa technique afin de pouvoir enregistrer les mouvements exécutés sur place (maniement des outils ou armes, exercices gymnastiques, etc.) car dans son appareil de 1882 à plaque fixe, les images se superposent quand le sujet photographié n'est pas animé d'un mouvement de translation rapide.

Alors, pour dissocier ces images, deux moyens se présentent à son esprit :

« L'un consiste à déplacer la surface sensible, afin que des points différents de cette surface se présentent successivement pour recevoir l'image de l'objet; l'autre procédé consiste à imprimer à l'image une translation de façon qu'elle se produise en des points différents de la plaque immobile (miroir tournant).

» Je me suis appliqué dans ces derniers temps à essayer comparativement ces deux méthodes, et j'espère obtenir une série d'images sur une longue bande de papier sensible, animée d'une translation rapide avec arrêts aux moments des poses » [2].

Quelques jours après la lecture de cette Note, Marey présente à l'Académie une bande de papier sensible sur laquelle une série d'images a été obtenue, à raison de 20 par seconde. Il a simplement remplacé la plaque fixe de son photochronographe de 1882 *par une bande de papier sensible se déplaçant d'un mouvement intermittent régulier au foyer de l'objectif. La bande est arrêtée pendant l'ouverture de l'obturateur* [3].

---

(1) Marey. *Emploi de la photographie pour déterminer la trajectoire des corps en mouvement avec leurs vitesses à chaque instant et leurs positions relatives* (*Comptes rendus*, 95, 1882, p. 267).

(2) Marey, *Modification de la photochronographie pour l'analyse des mouvements exécutés sur place par un animal* (*Comptes rendus*, 107, 1888, p. 607).

(3) *Décomposition des phases d'un mouvement au moyen d'images photographiques successives, recueillies sur une bande de papier qui se déroule* (*Comptes rendus*, 107, 1888, p. 677).

Dans une Note du 28 juillet 1890 ([1]), Marey fait mention de séries d'images enregistrées sur des bandes de pellicule sensible présentées à l'Académie dans une séance antérieure, mais n'ayant pas fait l'objet d'une note écrite. (Ces bandes étaient fabriquées sur sa demande par Balagny, Paris.)

Enfin, le 3 novembre 1890, Marey décrit un appareil complet, atteignant entièrement le but poursuivi ([2]).

En outre, Marey réalisa des synthèses du mouvement par les procédés connus : phénakisticope de Plateau, zootrope, projection agrandie sur écran ([3]) ([4]).

Ajoutons ceci à titre documentaire. Marey appela ses appareils d'abord *photochronographes* et ensuite *chronophotographes*, mot adopté sur sa proposition en 1889 par le Congrès international de Photographie, pour désigner les appareils servant à la photographie du mouvement.

Le mot *cinématographe*, qui sert actuellement à désigner tous les appareils à pellicule mobile, fut imaginé en 1893 par Léon Bouly ([5]) et a prévalu dans le langage courant.

Conclusion. — Marey, dont l'œuvre est la base indispensable de toute photographie animée, est à la fois le théoricien et le réalisateur (de 1882 à 1890) du dispositif fondamental qui constitue ce qu'on appelle communément aujourd'hui le cinématographe.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la résonance des circuits couplés.* Note ([6]) de M. **L. Ollat**, transmise par M. G. Ferrié.

Un circuit oscillant constitué seulement par une self et une capacité a une période d'oscillation libre unique. Elle est donnée par la formule de

---

([1]) Marey, *La locomotion aquatique étudiée par la photochronographie* (*Comptes rendus*, **111**, 1890, p. 213).

([2]) Marey, *Appareil photochronographique applicable à l'analyse de toutes sortes de mouvements* (*Comptes rendus*, **111**, 1890, p. 626).

([3]) Marey, *Le mouvement* (Masson, 1894).

([4]) Il est curieux de constater que les procédés de synthèse étaient connus avant que la photographie fût en mesure de fournir les images indispensables à une synthèse véritable des mouvements naturels.

([5]) Léon Bouly, *Appareil réversible de photographie et d'optique pour l'analyse et la synthèse des mouvements* (dit le *Cinématographe Léon Bouly*). Brevet d'invention n° 235100, déposé le 26 décembre 1893, délivré le 16 mars 1894.

([6]) Séance du 2 juin 1925.

Thomson lorsque la capacité est assez grande pour qu'à chaque instant le courant ait la même intensité en tout point du circuit. Lorsqu'on couple entre eux deux circuits, par induction magnétique, la théorie indique deux périodes d'oscillation pour l'ensemble des deux circuits.

Lorsque ces circuits sont accordés l'un sur l'autre et ont même amortissement, les deux pulsations ω' et ω'' correspondant aux ondes de couplage et leurs amortissements respectifs α' et α'' sont donnés, en fonction de la pulsation ω et de l'amortissement α de chacun des circuits, par les relations

$$\omega' = \frac{\omega}{\sqrt{1-x}}, \qquad \alpha' = \frac{\alpha}{1-x},$$
$$\omega'' = \frac{\omega}{\sqrt{1+x}}, \qquad \alpha'' = \frac{\alpha}{1+x},$$

x désigne le coefficient de couplage, dont le carré est le rapport de l'induction mutuelle des deux circuits à leur self-induction commune.

Nous nous sommes proposé de vérifier expérimentalement ces relations. Elles sont obtenues en négligeant, ce qui est légitime pour les circuits à haute fréquence peu résistants utilisés en radiotélégraphie, le carré de l'amortissement devant le carré de la pulsation.

A cet effet, nous avons tracé les courbes de résonance relatives à chacune des oscillations de couplage. Un oscillateur à lampe induit dans l'un des circuits couplés une force électromotrice dont on fait varier la fréquence. On détermine, pour chaque fréquence, la différence de potentiel efficace entre les armatures du condensateur de l'un des circuits. Nous nous sommes servi pour cette mesure d'un électromètre idiostatique du modèle indiqué par Gutton et Laville ([1]), assez sensible pour que la mesure puisse être faite pour un couplage très lâche de l'oscillateur et des circuits en résonance. Les mesures électrométriques ont, d'autre part, sur les mesures thermo-électriques l'avantage de ne pas introduire de résistances supplémentaires sur les circuits, on obtient alors, pour la plus grande onde de couplage, une courbe de résonance si aiguë qu'il devient impossible de mesurer à l'ondemètre les faibles différences de fréquence qui correspondent aux divers points de la courbe. Nous les avons obtenues par le procédé suivant. Nous faisons interférer, dans un circuit apériodique muni d'un détecteur, d'un amplificateur et d'un téléphone, les oscillations

([1]) Gutton et Laville, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 392, et *Annales des P. T. T.*, 14, 1925, p. 209.

d'une hétérodyne de fréquence invariable et celles de l'oscillateur. On obtient alors au téléphone un son dont la hauteur correspond à la différence des fréquences qui interfèrent, nous déterminons cette différence en accordant, sur les vibrations de diapasons étalonnés le son du téléphone. Cet accord est rendu très précis par l'audition des battements. La courbe de résonance est assez aiguë pour correspondre dans toute son étendue à des différences de fréquence inférieures à celles pour lesquelles on obtient des sons audibles.

Lorsque la courbe de résonance est très aplatie, nous mesurons directement les fréquences à l'ondemètre.

Nous avons d'abord étudié deux circuits couplés aussi fortement que possible. Les bobines de chacun des circuits étaient constituées par deux fils de cuivre de $0^{mm},6$ de diamètre, couverts de deux couches de coton et enroulés côte à côte sur un tube d'ébonite. Le coefficient de couplage, mesuré à l'ondemètre, atteignait la valeur très élevée 0,957.

Nous avons alors trouvé deux longueurs d'ondes de couplage respectivement égales à 1108^{m} et 160^{m}; la longueur d'onde commune aux circuits couplés étant 810^{m}.

Le calcul donnerait 1125^{m} et 167^{m}, valeurs qui diffèrent peu de celles trouvées, étant donné surtout le peu de précision des mesures de coefficient de couplage.

Ces expériences montrent que pour de très forts couplages, il est encore possible de déceler une onde de fréquence beaucoup plus élevée que l'onde propre à chacun des circuits.

L'amortissement de cette onde est, il est vrai, très grand et, comme l'indique la théorie, la fréquence de la plus petite onde augmente indéfiniment, lorsque le couplage tend vers l'unité, mais le courant de résonance, à cause du très grand amortissement, tend à s'annuler.

Les rapports des amortissements trouvés pour les deux ondes à l'amortissement propre à chacun des circuits sont 0,037 et 2,080. Les valeurs calculées sont 0,043 et 1,957. La précision des mesures d'amortissement étant peu élevée, ces nombres doivent être regardés comme en bonne concordance.

Une série de déterminations pour des couplages plus faibles de deux circuits accordés, dont l'onde propre était 1430^{m}, nous ont données les résultats résumés par le tableau suivant :

Coefficients de couplage.	Ondes de couplage en mètres mesurées.	calculées.
0,052........	1410-1467	1380-1480
0,162........	1300-1550	1309-1541
0,220........	1262-1579	1250-1600
0,480........	960-1750	990-1763
0,640........	870-1820	858-1831

Enfin nous avons étudié le couplage par capacité dans les conditions suivantes. Chacune des armatures de l'un des condensateurs était reliée à une armature de l'autre par un condensateur de capacité γ. En appelant x le rapport de cette capacité à celle du circuit oscillant, le calcul donne

$$\omega' = \omega, \qquad \omega'' = \frac{\omega}{\sqrt{1+x}}.$$

L'une des ondes de couplage conserve ici une longueur invariable. Les expériences ont porté sur des circuits de longueur d'onde 1350^{m}; nous avons bien trouvé cette valeur constante pour la plus petite onde de couplage, l'autre augmentait suivant la loi indiquée par le tableau suivant :

Coefficients de couplage.	Ondes de couplage en mètres mesurées.	calculées.
0,228...............	1500	1495
0,358...............	1575	1575
0,434...............	1640	1650
0,575...............	1700	1695
0,673...............	1730	1746

Ces résultats montrent que, pour les besoins de la pratique radiotélégraphique, le calcul fournit des indications dont la précision est bien suffisante.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — *Sur la détection des galènes*. Note [1] de M. J. **Cayrel**, transmise par M. G. Ferrié.

Les expériences des physiciens qui ont étudié les propriétés détectrices de la galène ont porté principalement sur les magmas de petits cristaux dont on se sert en T. S. F.

([1]) Séance du 2 juin 1925.

Il m'a paru intéressant d'étudier un cristal isolé et d'examiner en particulier si certaines faces étaient privilégiées au point de vue sensibilité.

Pour cela, une des faces d'un gros cristal de galène est maintenue en contact intime avec une surface métallique. A l'aide d'une fine aiguille métallique (cuivre ou acier) j'explore les autres faces.

Sur les cristaux sensibles que j'ai examinés seules les faces (111) (*Miller*) *ont donné lieu à une détection normale intense* (*dans le sens galène-pointe*).

Au contraire, les faces (100) *ont présenté une très faible détection presque toujours inversée* ([1]) (*dans le sens pointe-galène*) *et souvent instable.*

Sur les cristaux insensibles les faces (111) *se comportent comme les faces* (100). *Toutes présentent la détection inversée.*

Ainsi qu'on pouvait s'y attendre, la nature de la face qui est maintenue en contact intime avec la surface métallique est sans influence sur la détection.

Voici à titre d'exemple les résultats d'une expérience faite en haute fréquence ($\lambda = 700^m$). On touche au hasard 10 points sur une face (111) et 10 points sur une face (100) :

Moyenne des courants détectés : sur la face (111), 4,50 milliampères;
Moyenne des courants détectés : sur la face (100), 0,10 milliampère.

Des expériences effectuées en basse fréquence ont donné des résultats analogues.

Ces résultats appuient la théorie qui attribue le phénomène de la détection au fait que les faces (111) de la galène contiennent des atomes d'une seule espèce, soit de soufre, soit de plomb.

Mlle P. Collet ([2]) a signalé, en 1920, que, lorsqu'on fait croître progressivement l'intensité efficace du courant alternatif qui traverse le détecteur, le courant moyen passe par un maximum pour une certaine valeur de I_{eff} puis décroît, s'annule et *change de sens* (*détection de seconde espèce*).

Ce phénomène s'observe très nettement sur des magmas de petits cristaux enchâssés dans des pastilles d'alliage fusible ou serrés dans des pinces de détecteur.

Lorsque j'ai voulu répéter l'expérience *avec un cristal isolé*, j'ai bien

([1]) Cette détection inversée présentée par les galènes insensibles pour les faibles courants ne doit pas être confondue avec la détection inversée aux fortes intensités (détection de seconde espèce) dont il est question dans la seconde partie de cette Note.

([2]) Collet, *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 1378.

constaté la diminution et l'annulation de la détection aux fortes intensités, *mais nullement son inversion.*

Quelle que fût la face touchée, {111} *ou* {100}, *je n'ai pu obtenir la détection de seconde espèce.*

Mais lorsque la face du cristal maintenue en contact avec la surface métallique est une face sensible (face {111}) *et que ce contact tend à devenir moins intime, la détection de seconde espèce des fortes intensités de courant se manifeste aussitôt, quelle que soit la nature de la face touchée par la pointe.*

Une amélioration progressive du contact, obtenue en serrant le cristal contre le plan métallique, entraîne une diminution progressive de la détection de seconde espèce, puis son annulation, mais cela d'autant plus difficilement que l'intensité du courant traversant le détecteur est plus grande.

La détection de seconde espèce paraît donc pouvoir s'expliquer par une détection normale, localisée non au contact pointe-galène (contact A), *mais au contact galène-pince détecteur (contact* B).

S'il en est ainsi, la détection de seconde espèce tendra à disparaître lorsque le contact B tendra à devenir parfait. C'est ce que montre l'expérience suivante que j'ai répétée sur plusieurs galènes :

Un magma de petits cristaux sensibles, enchâssé dans une pastille d'alliage fusible (contact B imparfait), présentait sur toute sa surface libre une détection inversée de 20 à 40 milliampères. Cette même galène, retirée de son alliage et partiellement immergée dans du mercure (contact B presque parfait), ne présente plus trace de la détection de seconde espèce et donne soit un courant moyen nul (absence de toute détection), soit un courant moyen direct (détection normale) qui disparaît pour des valeurs de I_{eff} suffisamment élevées.

Si la détection de seconde espèce est très marquée chez les galènes à petits cristaux c'est parce que ces galènes présentent, toutes choses égales d'ailleurs. une résistance de contact très grande par rapport aux galènes à larges faces. Pour celles-ci il est aisé d'obtenir un contact B pratiquement parfait, d'où absence fréquente de la détection de seconde espèce.

Pour que l'explication précédente soit satisfaisante, il ne suffit pas d'établir qu'un contact de large surface et relativement intime comme le contact B est capable de détecter des courants intenses (fait que j'ai constaté directement), *mais il faut encore montrer comment, pour de tels courants, la détection du courant* B *peut l'emporter sur celle du contact* A.

Or l'apparition de la détection de seconde espèce est toujours liée à un fort

échauffement (¹) *du contact pointe-galène* (pointe portée au rouge). J'ai pu supprimer momentanément la détection de seconde espèce et même rétablir la détection de première espèce en refroidissant le contact pointe-galène par un courant d'air ou par la projection d'un liquide isolant. Corrélativement l'intensité efficace du courant traversant le détecteur diminue brusquement, *car ce refroidissement entraîne un accroissement considérable de la résistance du contact* A *qui était devenue très faible en raison de l'échauffement produit par le courant.*

D'autre part, le phénomène de la détection est lié à l'existence d'une grande résistance de contact. Si donc par suite d'une grande élévation de température, la résistance d'un contact détecteur tombe à une très faible valeur, ce contact détectera mal ou même cessera complètement de détecter.

On conçoit dès lors sans aucune difficulté que, pour des courants assez intenses pour échauffer fortement le contact A, *la détection au niveau du contact* B *puisse devenir prépondérante, d'où apparition de la détection de seconde espèce en sens inverse de la détection ordinaire.*

Pour les faibles courants au contraire, la densité de courant sur le contact B est beaucoup trop faible pour qu'on ait une détection appréciable. Seule intervient la détection du contact pointe-galène.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les particularités présentées par les cellules à rayonnement de grande résistance électrique.* Note de M. E. **Bodin**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une Note précédente (²), nous avons montré, M. Reboul et moi, que divers sels ou oxydes convenablement disposés peuvent émettre des radiations de courte longueur d'onde quand un courant électrique les traverse. J'ai étudié la résistance électrique et la distribution des potentiels dans de pareilles cellules, afin de voir si elles présentaient des particularités en relation avec l'émission du rayonnement.

I. La résistance électrique a été déterminée pour un grand nombre de

---

(¹) On pourrait être tenté d'expliquer la détection de seconde espèce par un effet thermo-électrique; une telle interprétation doit être rejetée ainsi que l'a montré Mlle Collet.

(²) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 37.

sels métalliques disposés sous forme de pastilles comme ils le sont dans les cellules à rayonnement. Ces résistances sont considérables (de quelques mégohms à plusieurs centaines de mégohms).

Les substances étudiées forment trois groupes :

1° Celles qui se comportent comme des isolants pour la sensibilité du galvanomètre employé (5.10^{-7} ampère) et pour les tensions appliquées (1500 volts).

Exemples : HgI^2, $HgCl^2$, Hg^2Cl^2, $CuCl^2$ anhydre, $FeCl^2$ anhydre.

2° Celles qui laissent passer des courants appréciables, et permettent de déterminer leur résistance sans présenter de particularités au point de vue de la conductibilité.

Exemples : Fe^2O^3 résistivité $\rho = 40.10^6$, MgO résistivité $\rho = 5.10^6$, Mn^3O^4 $\rho = 0,12.10^6$.

3° Le troisième groupe comprend des corps faiblement conducteurs, caractérisés par la double propriété suivante : (*a*) pour une différence de potentiel donnée, l'intensité qui les traverse n'est pas constante et diminue d'une façon continue à mesure qu'augmente la durée de passage du courant; (*b*) l'intensité limite n'est pas en général proportionnelle à la différence de potentiel appliquée.

La résistance semble mal définie et susceptible de variations continues. C'est d'ailleurs ce groupe qui comprend le plus grand nombre de substances.

Exemples : HgO, SO^4Hg, SO^4Hg^2, $(SO^4)^3Fe^2$, SO^4Cu, SO^4Ba, CO^3Cu..., etc.

Or l'expérience montre que ce sont les corps de ce dernier groupe qui, sous des tensions convenables, émettent un rayonnement quand un courant les traverse.

L'émission du rayonnement par les cellules de résistance paraît donc liée à une diminution rapide en fonction du temps de l'intensité qui les traverse et à une non proportionnalité de l'intensité limite à la tension appliquée.

II. Les particularités présentées par les résistances des cellules amènent tout naturellement à chercher comment se répartissent les potentiels à l'intérieur des cellules quand un courant les traverse.

Les potentiels aux divers points d'une longue pastille ont été déterminés au moyen de sondes reliées à un électromètre.

Les substances étudiées se classent en trois groupes identiques à ceux qu'a donnés l'étude de la résistance.

1° Pour les substances du premier groupe les potentiels sont mal définis, leur répartition irrégulière.

2° Les corps du deuxième groupe, dont la résistivité est grande mais bien définie, se comportent conformément à la loi d'Ohm; pour une section constante de la pastille, les potentiels varient linéairement avec la longueur.

3° Cela n'est plus vrai pour les corps du troisième groupe, ils ne suivent pas la loi d'Ohm; le passage du courant est accompagné de la formation en fonction du temps, dans le voisinage immédiat des électrodes, de chutes de potentiel, relativement grandes par rapport à la tension appliquée aux bornes de la cellule.

Ainsi avec HgO, elles peuvent aller jusqu'à 500 ou 600 volts pour une tension de 900 volts appliquée aux bornes de la cellule. Avec l'alun ordinaire, pour uue tension aux bornes de 900 volts, on a une chute de potentiel de 370 volts au pôle positif et de 190 volts au pôle négatif.

Ces chutes de potentiel ne se produisent qu'avec les substances susceptibles d'émettre un rayonnement. D'autre part leur formation explique les particularités présentées par la résistance apparente des substances du troisième groupe.

En résumé, l'émission du rayonnement est toujours corrélative d'une discontinuité dans la distribution des potentiels, qui se manifeste au contact de la substance et de l'électrode métallique, ou tout au moins dans une couche de très faible épaisseur voisine de ce contact.

Il paraît donc naturel de faire jouer à ces chutes de potentiel aux électrodes un rôle essentiel dans le mécanisme de l'émission du rayonnement par les cellules de résistance.

ÉLECTRICITÉ. — *Fours électriques à induction à haute fréquence pour températures très élevées.* Note de M. G. Ribaud, présentée par M. A. Cotton.

Dans les fours à induction à haute fréquence utilisés jusqu'à maintenant pour la réalisation de températures très élevées (3000°) on est amené à utiliser comme résistance de chauffe des creusets conducteurs en graphite; la calorifugation se fait alors en fermant complètement le creuset par un couvercle de graphite et en entourant le tout d'une couche de noir de fumée. Dans certains modèles de fours le couvercle est troué et muni d'un tube de graphite traversant le calorifuge qui recouvre le creuset, le rôle de

ce tube étant de permettre l'échappement des gaz et les visées pyrométriques. Pour éviter que la substance ne soit souillée par le calorifuge on est amené à retirer l'ensemble du creuset et de son couvercle de l'intérieur du calorifuge; une telle façon d'opérer, peu pratique, se prête mal à un travail continu; d'autre part, un simple tube de graphite fixé au creuset chauffant s'emplit inévitablement de fumées qui faussent les mesures pyrométriques.

Nous avons été conduit à étudier des procédés permettant d'ouvrir aisément le four et de faire aussi des mesures précises au pyromètre optique.

Un premier essai de réalisation ([1]), utilisant des dispositifs de fermeture en oxydes réfractaires, nous a permis de dépasser légèrement 2000°; au-dessus de cette température tous les oxydes réfractaires sont réduits par le charbon ([2]). Nous avons alors été amené à utiliser les diverses variétés de charbons poreux réalisés dans la pratique industrielle; ces charbons poreux, faits de grains assez gros et peu agglomérés, sont très peu conducteurs de la chaleur et de l'électricité et ils supportent, comme le graphite, des températures dépassant 3000°.

En principe, les divers modèles de fours étudiés comportent une pièce cylindrique en charbon poreux, prolongeant le cylindre de graphite chauffant et entourée elle-même de noir de fumée.

Dans ce cylindre poreux s'engage un bouchon de fermeture, également en charbon poreux, muni d'une pièce centrale surmontée d'une lame de verre et traversée de haut en bas par un courant de gaz inerte. Si la pièce cylindrique et le bouchon de charbon poreux sont assez longs (8^{cm} au moins) leur conductibilité calorifique est suffisamment faible pour qu'il soit possible d'enlever à la main le système de bouchage alors que l'intérieur du four est à 3000°.

Pour la réalisation d'un four ouvert aux deux bouts on disposera à chaque extrémité du cylindre chauffant un dispositif analogue à celui ci-dessus.

Températures obtenues. — Il est difficile de donner sur ces températures des indications très précises; dans chaque cas particulier il importe de faire une étude systématique des caractéristiques de l'enroulement du four fournissant, pour le volume à chauffer, le rendement maximum.

Avec une puissance de 10 kilowatts les températures réalisées ont été les suivantes : température supérieure à 3000° dans un volume de 100^{cm^3}, 2500° dans un volume de 500^{cm^3} et 1800° dans un volume de 3000^{cm^3}. Avec

---

([1]) *Fours électriques et Chimie*, 1924, p. 351 (Presses universitaires de France).
([2]) *Loc. cit.*, p. 98.

une puissance de 18 kilowatts, ces températures ont atteint : 2300° dans un volume de 3^l et 2000° dans un volume de 5^l.

L'un des modèles ci-dessus a servi à une étude sur la transformation du diamant à haute température [1], le même four a pu fournir plus de 50 chauffes à 2000° sans que l'on ait eu à remplacer les pièces en charbon poreux. Les différents fours réalisés nous ont servi jusqu'ici à la calcination d'objets réfractaires, à la détermination de points de fusions de corps réfractaires et à des synthèses gazeuses.

Il est intéressant de comparer les températures réalisées dans les fours décrits plus haut avec celles que l'on obtient dans les fours à résistance de carbone, en particulier dans le cas où l'on se propose de chauffer de très grands volumes. Le modèle de four à résistance le mieux adapté à ce cas semble être le four étudié au National Physical Laboratory par Rosenhain et Coad Pryor [2]; ce type de four fait d'anneaux de graphite empilés les uns sur les autres a permis d'atteindre 1700° dans un volume d'environ 500^{cm^3} avec 10 kilowatts; nous avons indiqué plus haut qu'un four à haute fréquence, de même volume et de même puissance, nous avait donné la température de 2500°.

RAYONS CATHODIQUES. — *Sur un nouveau mode de production de rayons cathodiques lents.* Note de M. G. **Reboul**, présentée par M. A. Cotton.

En même temps qu'il y a production de radiations de courte longueur d'onde par les cellules de grande résistance électrique [3], il y a projection dans le milieu environnant de charges positives ou négatives suivant le sens de la tension qui fait passer le courant dans la cellule. Dans le cas de charges négatives, on peut montrer, en opérant à pression réduite, qu'il s'agit de rayons cathodiques et en mesurer la vitesse.

Cette mesure a été faite de deux manières : 1° en utilisant les potentiels

---

(1) G. Friedel et G. Ribaud, *Sur une transformation allotropique de diamant à haute température* (*Comptes rendus*, **178**, 1924, 1126; *Bull. Soc. franç. de Minéralogie*, **47**, 1924, p. 94). Avec une puissance suffisante dans ce four, la température de 3000° pouvait y être atteinte en moins de 3 minutes.

(2) Rosenhain et Coad Pryor, *Trans. Faraday Soc.*, **14**, 1919, p. 264; *Fours électriques et Chimie*, p. 115.

(3) G. Reboul, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 916.

de résonance; 2° au moyen d'un champ antagoniste. Pour réaliser les expériences, on place entre la cellule et la chambre d'ionisation une électrode grille qui permet d'établir entre les deux un champ électrique auxiliaire. Cellule et chambre d'ionisation sont disposées sous la même cloche à vide.

I. Supposons le champ extracteur de la chambre d'ionisation de sens contraire du champ antagoniste établi entre la grille auxiliaire et la cellule; pour une valeur suffisante de ce dernier champ l'électromètre ne recueille que les charges dues à l'ionisation du gaz de la chambre par les radiations qui y pénètrent. Ces charges devraient donc être indépendantes du champ auxiliaire antagoniste.

Voici ce que donne l'expérience, la pression étant de 6^{cm} et la tension à la cellule de 1060 volts :

Champ antagoniste (volts).........	+1144	+880	+704	+352	+ 176	+88	0	—88
Charges extraites (unités arbit.)..	— 14	— 15	— 18	— 18	— 19	—19	—77	+19
Champ antagoniste (*suite*).........	— 176	—352	—704	—880	—1144			
Charges extraites (*suite*).........	+ 19	+ 18	+ 18	+ 24	+ 70			

Cette dissymètrie des charges positives et négatives extraites s'explique aisément au moyen des potentiels de résonance. Quand le champ auxiliaire est positif, il s'oppose au mouvement des électrons émis par la cellule, les charges extraites négatives sont dues à l'ionisation du gaz de la chambre d'extraction par les radiations qui y pénètrent et qui sont celles qu'émet la cellule. Quand le champ électrique auxiliaire est négatif, il accélère la vitesse des électrons émis par la cellule; pour des champs suffisants le potentiel de résonance est atteint, de nouvelles radiations produites par résonance pénètrent dans la chambre d'ionisation et augmentent les charges positives extraites.

Si l'on calcule la différence de potentiel qui, dans les conditions de l'expérience précédente, devrait être établie entre la cellule et la grille auxiliaire (distance 3^{mm}), pour qu'il y ait résonance, on trouve 1350 volts. Or les résultats qui précèdent montrent qu'il y a résonance pour des différences de potentiel inférieures à 900 volts; il faut donc admettre que les plus rapides des électrons projetés par la cellule ont des vitesses correspondant à 450 volts.

Les vitesses que l'on obtient dépendent essentiellement de la tension à la cellule : pour des tensions de 880 volts on trouve des vitesses correspondant à 200 volts, et pour 450 volts on n'a plus qu'une soixantaine de volts.

II. Supposons que la pression sous la cloche soit suffisamment réduite pour que l'ionisation par chocs ne puisse jouer et que les radiations qui pénètrent dans la chambre d'extraction ne puissent produire de charges en quantité appréciable; les charges accusées par l'électromètre ne pourront être dues qu'aux électrons émis par la cellule et projetés dans la chambre.

Si l'on dispose entre la cellule et la chambre d'ionisation un champ antagoniste suffisant, les électrons ne peuvent pénétrer dans cette dernière et la valeur de la différence de potentiel antagoniste renseigne sur la vitesse des électrons émis par la cellule.

Pour une pression de $0^{mm},02$ et une tension à la cellule de 406 volts, tous les électrons sont pratiquement arrêtés par des différences de potentiel antagonistes de 20 à 30 volts. Pour des tensions plus grandes aux bornes de la cellule, ces différences de potentiel atteignent plusieurs centaines de volts.

Il faut donc admettre que les rayons cathodiques émis par nos cellules ont, suivant la tension aux bornes, des vitesses correspondant à des tensions de quelques dizaines à quelques centaines de volts.

M. E. Bodin a montré que, dans les cellules, il y a, dans le voisinage des électrodes métalliques, formation de chutes de potentiel variant, suivant les cas, de quelques dizaines à quelques centaines de volts. Il faut voir dans ces discontinuités de potentiel l'origine des rayons cathodiques lents dont il est parlé plus haut, ainsi que celles des radiations de courte longueur d'onde dont il a été question antérieurement. Dans la couche de sel, voisine de l'électrode grille, où le champ électrique est très intense, les électrons prennent des vitesses qui s'échelonnent suivant la répartition de leurs chocs sur les molécules, de zéro à quelques centaines de volts : une partie de ces électrons s'échappent dans le milieu environnant, ce sont les rayons cathodiques lents qui précèdent; les autres sont arrêtés par collision avec les molécules et produisent l'émission de radiations dont les longueurs d'onde d'après les vitesses de ces électrons doivent s'échelonner entre quelques centaines et quelques dizaines d'Ångströms, en parfaite concordance avec ce que donne l'expérience.

OPTIQUE. — *La vitesse de la lumière et sa dépendance du mouvement de la source lumineuse.* Note [1] de M. **La Rosa.**

M. Salet [2], croit pouvoir affirmer, sur la base de certains calculs faits par lui, que non seulement la vitesse de la source lumineuse (étoile mobile) ne s'ajoute pas telle quelle à celle de la lumière, mais qu'à cette dernière vitesse ne s'additionne pas même une petite fraction ($<\frac{1}{200}$) de la première.

M. Salet n'indique malheureusement ni les grandes lignes de l'idée qui a présidé au calcul, ni les données numériques qui ont servi pour celui-ci; de sorte que, pour essayer d'examiner le bien-fondé de cette affirmation, je dois m'efforcer de suppléer à cette absence en suivant la façon de procéder que me suggère ma théorie et en profitant des *données* qui m'ont été fournies par quelques personnes compétentes auxquelles je me suis adressé tout exprès.

Le *seul* exemple dont M. Salet se réclame d'une manière explicite et concrète est celui d'Algol, et il se borne à dire de cette étoile que son « éclat ne varie pas d'un dixième de grandeur entre les brusques variations des minima successifs, c'est-à-dire pendant une période où la vitesse radiale varie d'une façon connue. Étant *donnée la distance* de l'étoile, *on en déduit*(3) que la vitesse de la lumière n'est pas altérée de plus de $\frac{1}{200}$ environ de la valeur de la vitesse de la source ». Dans cette brève et catégorique affirmation sont donc condensés tous les *arguments démonstratifs* qui devraient nous persuader d'abandonner pour toujours le principe balistique, même à « écartement très réduit ».

Je ne saurais dire exactement quelle valeur M. Salet a voulu donner à l'opposition, qu'il met en relief, entre la façon de varier de la luminosité et la façon de varier de la vitesse. Mais si cette opposition était le point d'appui de son objection, il suffirait de rappeler ici ce que j'ai déjà écrit dans la réponse que, en une précédente occasion, j'ai faite à M. Salet, à savoir que ma théorie non seulement ne nie pas, mais ne peut pas ne pas admettre l'existence de changements de lumière dus à des éclipses, c'est-à-dire l'existence de variables de type discontinu; et dans ce cas, le phénomène se produit d'une manière parfaitement indépendante de

---

(1) Séance du 18 mai 1925.

(2) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 647.

l' « effet balistique » et, par suite, avec des modalités qui ne sont pas soumises aux règles découlant de cette théorie, pour ce qui est des valeurs de Kb comme de la connexion *entre changements de lumière et vitesse radiale*.

Mais examinons de plus près le cas concret d'Algol. Je ferai d'abord remarquer que la variation de lumière de cette étoile peut être interprétée comme le résultat de deux changements, l'un brusque, par saccades, l'autre plus ample, de caractère continu.

En plus du premier changement, où l'on se trouve ramené à l'habituelle hypothèse de l'éclipse, il y en a donc un second à expliquer.

Et à cela ma théorie se prête très bien, à condition qu'on puisse supposer que la grandeur Kb, qui joue un rôle si important dans le phénomène de « variabilité », satisfasse aux conditions

$$0,02 < \mathrm{K}b < 5$$

tout en restant cependant, dans le cas d'Algol, très proche de l'un des extrêmes, comme le veut la *petite* amplitude du changement considéré.

Ce n'est que lorsque le calcul de Kb conduirait à des valeurs très proches de $\frac{1}{2}\pi$ (valeur dans le voisinage de laquelle les changements de lumière sont très grands) que la théorie serait mise en doute par l'observation; car alors la variation de lumière devrait être *de type continu* et marcher de pair avec les changements de vitesse.

Et ici je ne saurais pas même dire exactement si c'est là le point où s'est arrêtée la pensée de M. Salet, c'est-à-dire s'il estime que le calcul de Kb conduit proprement à prévoir de grands changements de lumière de type continu (qui ne s'observent pas dans la réalité) avec changemeuts de vitesse à marche parallèle.

S'il en était ainsi, je ferais remarquer que l'assez grande incertitude qui règne encore dans le domaine des mesures de parallaxe, et un peu aussi dans celles des vitesses radiales, ne nous permet d'attribuer une *valeur sérieuse* ni aux concordances ni aux discordances entre théorie et preuve numérique.

Pour le cas d'Algol, dont nous allons nous occuper, les données que j'ai pu me procurer, relativement à la parallaxe (élément tout à fait essentiel pour le calcul de Kb) sont :

$$\pi = 0'',007 + 0,027 \quad \text{(Russell)},$$
$$\pi = 0'',122 + 0,026 \quad \text{(Flirt)},$$
$$\pi = 0'',037 + 0,025 \quad \text{(Chase)}.$$

Une détermination plus récente, faite suivant la méthode photographique de MM. Lee et Joy à l'Observatoire Yerkes, a donné

$$\pi = 0'',027 + 0,010.$$

Mais on m'a aussi communiqué, comme tout à fait récente, cette autre donnée :

$$0'',052 + \quad (^1).$$

Comme on le voit par l'ensemble des chiffres que nous venons de transcrire, nous sommes bien loin de posséder cet élément *certain de fait* qui nous permettrait de procéder à un jugement *quantitatif sans appel*, et de mépriser les nombreuses et belles confirmations que ma théorie a largement récoltées en rendant compte d'une manière générale, et pour la première fois réussie, des phénomènes photométriques, spectroscopiques et statistiques des étoiles variables.

Plus tard, lorsqu'il sera possible de mesurer avec une *exactitude suffisante* la parallaxe de certaines variables, on pourra instituer le contrôle quantitatif que M. Salet réclame; et peut-être trouvera-t-on alors que ma théorie indique la voie la plus simple et la plus directe pour la mesure des distances stellaires.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'étincelle du chlore.* Note de MM. Léon et Eugène Bloch, présentée par M. M. Brillouin.

Nous avons montré que la décharge oscillante dans un tube sans électrodes constitue une source très riche non seulement en raies d'étincelle du premier ordre, mais encore en raies d'ordres supérieurs. En même temps, nous avons fait voir que l'étude spectroscopique de la décharge à potentiels

---

(1) A titre de curiosité, nous pouvons essayer de calculer la valeur de Kb qu'il est possible de tirer des chiffres indiqués ci-dessus. Si nous prenons pour π la valeur $0'',027$ (admise comme la plus approchée), la distance Algol-Terre apparaît égale à 121 années-lumière, et, par suite, la valeur de K est $1,54.10^{-4}$. Et comme b est $1,3.10^{-4}$ pour l'astre principal et $3,10^{-4}$ pour le compagnon, nous trouvons pour Kb les valeurs : 2 pour l'astre principal, et 4,62 pour le compagnon. On devrait donc conclure que le compagnon ne donne pas lieu à un changement de lumière, et que l'astre principal donne naissance à un changement de petite amplitude. Mais l'incertitude de π ne permet pas de se fier à ces résultats.

(1) Voir *Journal de Physique et Le Radium*, 4, 1924, p. 333.

croissants fournit un moyen commode de classer les raies d'étincelle d'ordres successifs.

Nous avons eu occasion de constater que cette méthode, appliquée d'abord à des gaz purs, était susceptible d'une certaine extension. Si l'on introduit dans un tube sans électrodes une petite quantité de sel marin fondu, finement pulvérisé, et si l'on fait le vide, on arrive rapidement à une pression assez faible pour que la décharge annulaire s'amorce à la faveur des gaz résiduels. Cette décharge se maintient et augmente même d'éclat à mesure que le vide s'améliore. La pompe restant toujours en action, on arrive à un état de régime où le tube émet avec intensité la lumière verte caractéristique du chlore, en même temps qu'il se forme sur les parois du récipient un dépôt bleu de sodium. Le sel solide se décompose donc continuellement sous l'effet de la décharge, fournissant à celle-ci la petite quantité de gaz nécessaire à son entretien. De fait, une fois que l'état de régime est atteint, si l'on vient à interrompre la décharge, ne fût-ce qu'un instant, il est impossible de la rallumer en fermant à nouveau le circuit. Pour remettre le tube en service, il faut faire une rentrée d'air et recommencer l'évacuation.

Ce dispositif est particulièrement commode pour étudier l'émission lumineuse du corps qui se dégage (chlore) et pour reconnaître des degrés d'excitation successifs ainsi que nous l'avons fait pour d'autres gaz. Lorsque le dégagement gazeux est lent, comme c'est le cas avec un sel très stable, il est également possible de travailler en isolant l'appareil de la pompe, ce qui permet de faire varier progressivement la pression. De toute façon, les spectres obtenus contiennent, outre les raies du chlore, les raies de l'air et celles du métal alcalin. Ces dernières se reconnaissent facilement (raies très courtes), et peuvent s'éliminer en toute rigueur par la comparaison des chlorures de métaux différents; les premières doivent être identifiées par la mesure de leurs longueurs d'onde et surtout par certaines particularités de leur évolution.

La présente Note fait connaître quelques résultats obtenus, dans le cas du chlore, par la méthode qui vient d'être décrite.

Le spectre du chlore, malgré des travaux récents (Exner et Haschek, Jevons, v. Angerer), est très insuffisamment connu. Les spectroscopistes paraissent d'accord pour attribuer avec Nelthorpe au *spectre d'arc* Cl I du chlore un certain nombre des raies intenses observées par Eder et Valenta dans la décharge non condensée, raies qui disparaissent sitôt qu'on introduit

une capacité. Nous constatons que ces raies sont également absentes des spectres de nos tubes sans électrodes.

Le *spectre d'étincelle du premier ordre* Cl II a été partiellement identifié par Paschen d'une façon très vraisemblable. C'est celui qui contient les deux triplets purs 4819-4810-4794 et 4253-4241-4233, ainsi que les deux triplets complexes 5457-5444-5423 et 3861-3851-3845. Nous attribuons au spectre Cl II toutes les raies qui se comportent comme les précédentes. Beaucoup de celles que nous observons sont nouvelles.

Jusqu'ici on n'avait signalé dans le spectre d'étincelle du chlore aucun degré d'excitation supérieur au premier. Nous observons sur nos clichés un très grand nombre de raies, dont beaucoup sont intenses, et qui évoluent d'une façon tout autre que les raies du premier ordre. Elles sont courtes sur les clichés de faible excitation et se renforcent considérablement aux hautes puissances, tandis que les raies du premier ordre sont longues dès le début et varient beaucoup moins. Nous proposons de les grouper en un *spectre d'étincelle du second ordre* Cl III. Indiquons, à titre d'exemples, quelques raies Cl III qui se trouvent incluses dans la liste d'Eder et Valenta :

3991,625; 3720,4, 3658,499; 3624,3; 3622,7; 3613,9; 3602,2.

Le spectre d'étincelle du second ordre du chlore contient beaucoup de raies nouvelles et s'étend très loin dans l'ultraviolet.

En résumé, nous avons indiqué une extension de notre méthode d'analyse des spectres d'étincelle et nous avons appliqué la méthode, sous cette nouvelle forme, à l'analyse des spectres d'étincelle du chlore.

PHOTOCHIMIE. — *Considérations théoriques sur les directions d'émission des photo-électrons*. Note de MM. **Pierre Auger** et **Francis Perrin**, présentée par M. Jean Perrin.

On sait que les électrons arrachés à la matière par un faisceau de radiations électromagnétiques ne sont pas émis uniformément dans l'espace. Les directions les plus favorisées sont voisines de celle du champ électrique du rayonnement incident, mais plus ou moins inclinées dans le sens même de sa propagation.

Il est possible [1] par des considérations de conservation d'énergie et de

(1) Pierre Auger, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 929. — W. Bothe, *Zeitschr. für Physik*, 26, 1924, p. 74. — F.-W. Bubb, *Phil. Mag.*, 49, 1925, p. 824.

quantité de mouvement dans les phénomènes d'absorption quantique, de donner une interprétation simple de l'émission des photo-électrons suivant cette direction privilégiée. Pour expliquer la large dispersion que l'expérience indique autour de cette direction, on peut faire intervenir les vitesses intra-atomiques des électrons (vitesses qu'ils possédaient sur leurs orbites au moment de l'absorption) : c'est cé qu'ont tenté Bothe et Bubb (*loc. cit.*).

Bothe admet que ces vitesses se composent perpendiculairement avec une vitesse correspondant à l'énergie $h\nu$ communiquée suivant la direction du champ électrique de l'onde incidente. ce qui amène l'émission des photo-électrons suivant les génératrices d'un cône. Pour Bubb, ce sont des vitesses orientées dans n'importe quelle direction qui se composent avec une vitesse dirigée suivant le vecteur électrique et dont la grandeur est telle que l'équation photo-électrique soit finalement vérifiée; il arrive ainsi à l'émission des électrons dans l'intérieur d'un cône.

Ces théories ont l'inconvénient d'utiliser assez arbitrairement l'équation photo-électrique d'Einstein, et de conduire à des répartitions étroites, à limites nettes, qui ne sont pas en accord avec l'expérience. Nous nous proposons ici de donner une interprétation théorique simple de la large dispersion expérimentale, tout en introduisant d'une façon naturelle l'équation d'Einstein.

Nous partirons des hypothèses suivantes :

I. *Le processus d'émission du photo-électron est instantané.* — Ceci est généralement admis dans la théorie des quanta et semble un caractère essentiel de l'effet photo-électrique.

II. *L'électron quitte son niveau suivant la tangente à son orbite, son énergie cinétique augmentant brusquement d'une quantité* $h\nu$. — En s'éloignant du noyau l'électron transforme en énergie potentielle une partie de cette énergie cinétique, et il lui reste à la sortie de l'atome la vitesse qu'indique l'équation photo-électrique.

III. *La probabilité de départ d'un certain électron est à chaque instant proportionnelle au carré de la projection du champ électrique de l'onde incidente sur la direction de sa vitesse.* — Nous admettons ici, en accord avec les idées récentes de Bohr, que l'éjection d'un photo-électron n'est pas déterminée par l'arrivée d'un quantum corpusculaire, mais qu'elle a, à tout instant, une certaine probabilité de se produire. Cette probabilité doit être proportionnelle à l'intensité du rayonnement incident, ou plus exactement au carré de l'amplitude du champ qui agirait sur l'électron, d'après la théorie électromagnétique classique, pour lui communiquer de l'énergie.

De ces hypothèses se déduit immédiatement la répartition dans l'espace des directions d'émission des rayons électroniques secondaires. Considérons un pinceau de rayons X polarisés, dirigé suivant l'axe Ox d'un trièdre de référence $Oxyz$, et dont le vecteur électrique est parallèle à l'axe Oz. Soient θ et ω les angles d'une direction d'émission possible OV, avec Oz et Ox; soit λ l'azimut de cette direction, compté autour de Ox à partir du plan xOy. Ces angles sont liés par la relation

$$\cos\theta = \sin\omega \sin\lambda.$$

La probabilité de sortie d'un photo-électron dans un angle solide élémentaire $d\Omega$ entourant OV est proportionnelle, d'après l'hypothèse III, à

$$\cos^2\theta \, d\Omega = \sin^2\omega \sin^2\lambda . \sin\omega \, d\omega \, d\lambda.$$

Ce qu'on peut écrire, en séparant les variables ω et λ,

$$\sin^3\omega \, d\omega . \sin^2\lambda \, d\lambda.$$

Cette loi de distribution est en bon accord avec l'expérience.

Dans le cas d'un rayonnement incident non polarisé, on obtient les probabilités d'émission en considérant un plan de polarisation qui tourne rapidement et au hasard, ou bien en superposant, comme on peut le faire en électromagnétisme classique, les effets de deux ondes, sans relation de phase, polarisées dans des plans perpendiculaires : les deux répartitions correspondantes (l'une en $\sin^2\lambda$, l'autre en $\cos^2\lambda$) donnent, en s'ajoutant, une distribution de révolution autour de Ox. (Les théories de Bubb et de Bothe ne permettent pas de faire cette décomposition de l'onde non polarisée.)

Nous n'avons pas tenu compte, ici, de l'action du champ magnétique, et par conséquent de la quantité de mouvement du rayonnement. Dans le cas des rayons β secondaires émis dans des directions voisines de celle du champ électrique, cette quantité de mouvement est sans doute communiquée à l'électron, ce qui déplace vers l'avant la direction de projection la plus probable [1]. Pour les électrons émis dans des directions inclinées, l'action du champ magnétique semble plus délicate à analyser.

---

(1) Pierre Auger, *loc. cit.* — Bothe, *Zeitsch. f. Physik*, 26, 1924, p. 59. — Bubb, *loc. cit.*

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la miscibilité des mélanges d'eau, d'alcool éthylique, alcool isobutylique.* Note (¹) de M. **Pierre Brun**, transmise par M. A. Haller.

La miscibilité des mélanges eau, alcool éthylique, alcool supérieur, a été étudiée par M. Fontein en ce qui concerne l'alcool isoamylique, et M. Drouillon (²) pour l'alcool butylique normal.

La méthode que nous avons suivie est la méthode dite synthétique qui

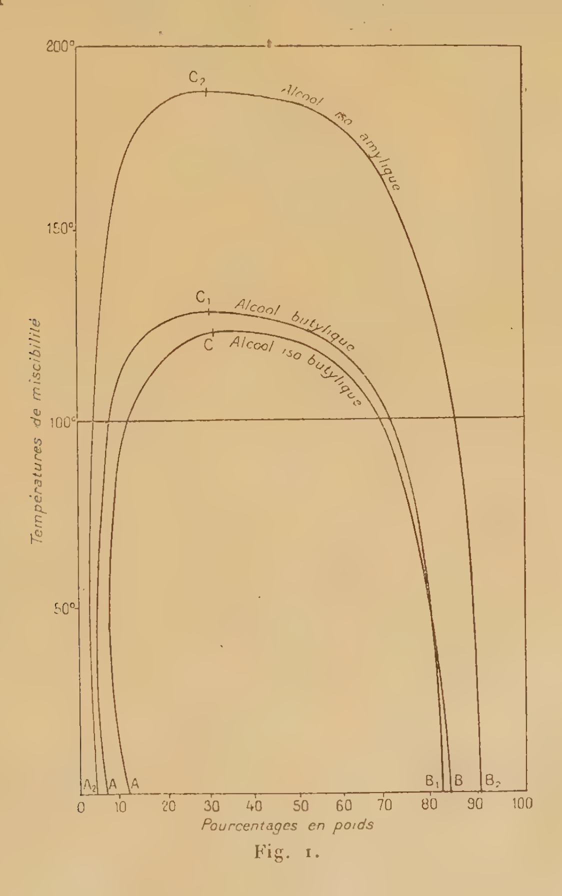


Fig. 1.

consiste à déterminer la température de *louche* de mélanges de composition connue.

Nous avons obtenu ainsi la courbe de miscibilité des mélanges eau, alcool

(¹) Séance du 11 avril 1925.

(²) Drouillon, *Journal de Chimie physique*, 22, nº 3, 1925, p. 149-168.

isobutylique, que nous avons représentée sur la figure 1. Au point C, les deux couches liquides qui se mélangent sont identiques : C est le point critique de miscibilité. Il correspond à une température critique de 123°,5 et une composition critique de 37,5 pour 100 d'alcool isobutylique dans la solution aqueuse. Les mélanges qui renferment moins de 8 pour 100, ou plus de 83 pour 100 d'alcool, sont stables à toutes températures; les mélanges qui renferment de 12 à 83 pour 100 d'alcool deviennent homogènes par élévation de la température; les mélanges, enfin, qui contiennent de 8 à 12 pour 100 d'alcool, homogènes à la température ordinaire, se troublent par élévation de température, puis, à une température plus élevée, redeviennent homogènes.

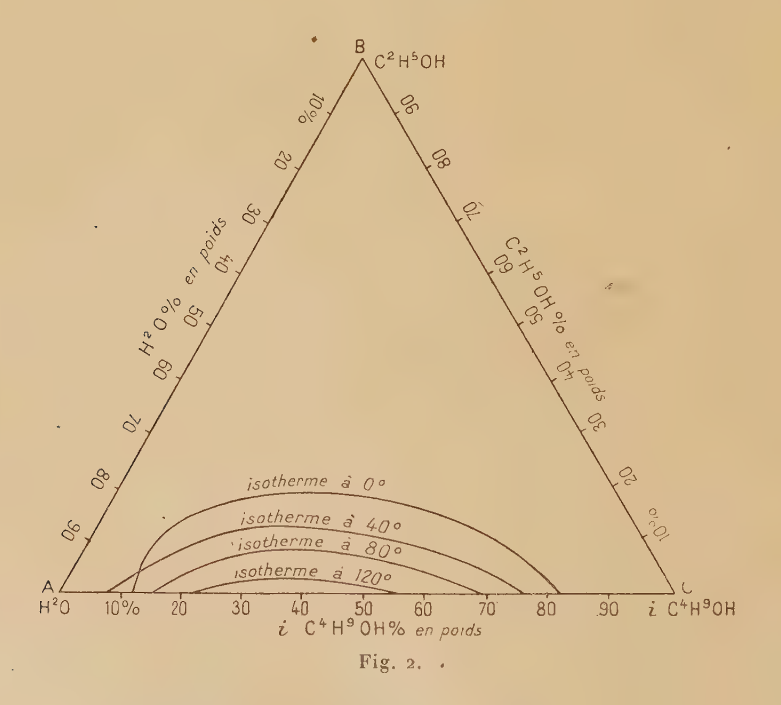


Fig. 2.

Sur le même graphique nous avons représenté les courbes de miscibilité avec l'eau, de l'alcool isoamylique et de l'alcool butylique normal. Le point critique pour l'alcool normal correspond à une température de 129° et une composition de 34 pour 100.

Nous avons étudié ensuite la miscibilité de l'alcool isobutylique dans les mélanges d'eau et d'alcool éthylique, ce qui nous a permis, sur un graphique triangulaire, de tracer une série de courbes d'équilibre isothermiques, représentées par le graphique de la figure 2.

Tout point pris à l'intérieur d'une de ces courbes correspond à un mélange séparé en deux couches, à la température qui correspond à la courbe considérée.

Nous avons déterminé ensuite la composition des deux couches qui se séparent à partir de mélanges de compositions connues, maintenus à 0°.

Le long de l'isotherme 0°, nous avons déterminé ainsi 14 points conjugués. En joignant les milieux des 7 droites de conjugaison, la droite ainsi obtenue coupe l'isotherme au point critique de miscibilité des mélanges ternaires à 0° (graphique de la figure 3).

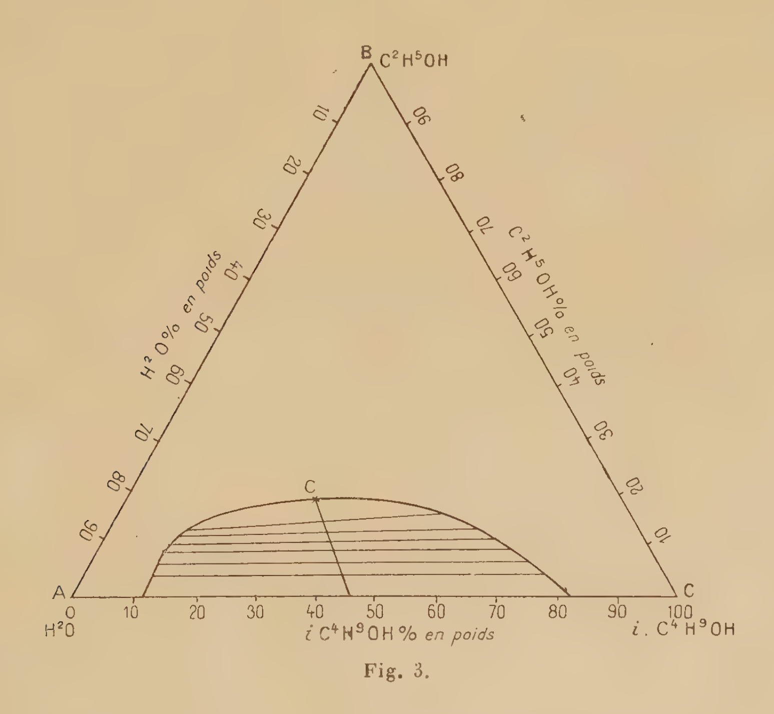


Fig. 3.

Nous avons trouvé ainsi, pour la composition des mélanges critiques à 0 :

	Pour 100.		Pour 100.
Alcool isobutylique.....	31,6	Alcool butylique normal...	23
Alcool éthylique.......	15,7	Alcool éthylique..........	16
Eau..................	52,7	Eau.....................	61
Total...........	100,00	Total.............	100,0

Nous continuons l'étude annoncée au début de cette Note.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Nouveau mode de diagnose et de dosage immédiat du cobalt par spectroscopie et chromoscopie.* Note de M. **Georges Denigès**, présentée par M. Charles Moureu.

La coloration bleue, bien connue, prise par le chlorure de cobalt dissous, en présence d'un grand excès d'acide chlorhydrique, n'a, jusqu'à présent, attiré l'attention des chercheurs que pour essayer d'en expliquer le mécanisme.

Engel (¹), dans un lumineux Mémoire, publié en 1891, a accumulé des preuves très impressionnantes pour affirmer que cette coloration était due à la formation d'un chlorhydrate de chlorure de cobalt hydraté $CoCl^2.HCl.3H^2O$, combinaison moléculaire persistant dans la solution chlorhydrique et tout à fait analogue par sa teinte bleue et sa constitution, au chlorure de cobalt et de lithium isolé à l'état de cristaux bleus par Chassevent.

On a prétendu depuis (Donnau et Basset) que le chlorhydrate de chlorure de cobalt était en réalité un acide chlorocobaltique $HCoCl^3$ dissociable, même en milieu très chlorhydrique, en H et anion $CoCl^3$, bleu.

Quoi qu'il en soit, la formation de la coloration bleue, dont il vient d'être question, n'est pas particulière au seul chlorure de cobalt mais est générale pour tous les sels de ce métal quand ils sont en présence d'un excès de HCl. Elle caractérise donc le cation Co''.

De plus, elle fournit un beau spectre d'absorption (²), très spécifique, non encore décrit et pouvant s'observer en présence de tout autre solution saline. Enfin, on la retrouve même à de très grandes dilutions.

Pour ces différentes raisons, nous avons pensé que les caractères si bien

---

(¹) Engel, *Sur les variations de couleur du chlorure de cobalt* (*Bull. Soc. chim.*, 3ᵉ série, 6, 1891, p. 239).

(²) Ce spectre, qui se constate avec plus de netteté à la lumière artificielle (flamme de lampe à pétrole, par exemple) qu'à la lumière naturelle, consiste en quatre bandes d'absorption situées dans le rouge orangé. Les deux bandes les plus voisines de l'infrarouge sont les plus sombres — surtout la plus extrême — au point de paraître confondues dès que la concentration du liquide en produit bleu est suffisante.

Leur centre commun, légèrement déplacé vers l'infrarouge par rapport à la raie du lithium, coïncide sensiblement avec la raie la plus extrême du strontium.

Les deux autres bandes, bien plus fines, sont séparées par une plage moins sombre et qui s'éclaircit complètement par la dilution. Leur centre voisine avec la raie rouge du calcium.

différenciés qu'elle présente permettaient de l'appliquer utilement à l'analyse chimique en nommant pour une désignation commode, *réaction céruléo-cobaltique* l'ensemble des conditions permettant de la réaliser pour la recherche et le dosage rapide du cobalt.

Ce qui va suivre le démontre : dans un tube à essai, de 15-16^{mm} de diamètre, on verse 5$^{cm^3}$ de HCl pur et l'on y mélange 0$^{cm^3}$,1 d'une solution de sel de cobalt renfermant 2^{g} de Co'' par litre ; aussitôt, une coloration bleue se développe et un spectroscope à vision directe — de préférence à spectre étalé — montre, très nettement, les bandes d'absorption signalées. Ce résultat est donc obtenu avec 0^{mg},04 de Co'' par centimètre cube de liquide total.

Une teinte bleutée est encore perceptible à une concentration quatre fois moindre mais la vision nette du spectre, sous l'épaisseur considérée, exige une concentration limite de 0^{mg},02 par centimètre cube.

Dans toute solution aqueuse, même contenant divers principes salins mais ne renfermant pas de substances autres que Co'', susceptibles de se colorer à froid par HCl (telles que Cu'' et Fe'''), il est possible jusqu'aux dilutions et pour les épaisseurs qui viennent d'être indiquées, non seulement de caractériser mais même de doser cet anion par spectrophotométrie ou par chromoscopie, contrôlée par le spectroscope, à l'aide d'étalons de comparaison.

En présence de Cu'' et Fe''' dont les solutions chlorhydriques sont d'un jaune intense, le spectre se voit aussi bien qu'en l'absence de ces ions mais, lorsqu'on veut percevoir la coloration propre au cobalt, il est nécessaire de les réduire, par $SnCl^2$, en Cu' et Fe'' qui ne colorent pas, d'une manière appréciable, HCl concentré.

Ainsi en mettant, dans un tube à essai, 5$^{cm^3}$ de HCl pur, 0^{mg},02 de Co'' et 100 fois plus de Fe''' (0$^{cm^3}$,2 de $FeCl^3$ officinal) on constate que le liquide, jaune extrêmement intense, résultant de ce mélange, additionné peu à peu d'un liquide obtenu en dissolvant 0^{g},50 de feuille d'étain dans 10$^{cm^3}$ de HCl concentré, devient finalement d'un bleu très pur, sans que cette dernière teinte soit, en quoi que ce soit, dégradée par un excès du réducteur.

Cette technique est particulièrement recommandable dans l'essai rapide des minerais du cobalt. D'une extrême simplicité, elle l'emporte de beaucoup en sensibilité (20 fois plus environ) sur le procédé colorimétrique ordinaire consistant à apprécier, par comparaison avec des solutions titrées, la teneur en Co'' d'une solution en se basant sur l'intensité de la teinte rose qu'elle présente.

Enfin, il n'en est pas de plus simple pour rechercher et doser le cobalt

dans les sels de nickel du commerce qui en contiennent toujours quelques centièmes.

Ainsi, en mettant dans un tube à essai, $0^{cm^3},5$ d'une solution de $9^g,52$ de sulfate de nickel cristallisé pur, *exempt surtout de cobalt*, dans suffisamment d'eau pour faire 50^{cm^3} — ce qui correspond à 40^g de Ni'' par litre et à $0^g,020$ de cet ion, dans l'essai — il se développe une teinte jaune serin, passant au vert bleu accentué et présentant le spectre spécial, par addition de $0^g,0002$ de Co'', soit 100 fois moins que de nickel mélangé. Un virage, tirant sur le vert, est encore perceptible avec $\frac{1}{300}$ de cobalt.

Avec des étalons appropriés, des dosages rigoureux sont possibles en quelques instants. Il sera bon, toutefois, pour une plus grande exactitude dans les résultats, d'ajouter aux solutions de sels de nickel du commerce, dans lesquels on voudra doser Co'', quelques gouttes de Cl^2Sn récent en cas que des traces de Fe''', se trouvant mélangées à ces sels, puissent gêner les observations chromoscopiques.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage de l'oxyde de carbone par la méthode au sang et remarques sur l'absorption de ce gaz par l'hémoglobine en l'*absence d'oxygène. Note (¹) de M. MAURICE NICLOUX, présentée par M. G. Urbain.

La méthode au sang (²) pour la recherche de l'oxyde de carbone a été introduite en France par Ogier et Kohn-Abrest, mais c'est à Florentin et Vandenberghe que l'on doit la technique qui a permis un dosage d'une exactitude tout à fait suffisante. Moi-même (³), par quelques modifications de détail (⁴), ai pu préciser encore davantage le mode opératoire et les résultats analytiques.

(¹) Séance du 2 juin 1925.

(²) Cette méthode consiste essentiellement à faire passer le gaz privé d'oxygène dans du sang dilué. Du volume de gaz nécessaire pour l'obtention au spectroscope des deux bandes caractéristiques de l'hémoglobine oxycarbonée, on déduit la teneur en oxyde de carbone.

(³) MAURICE NICLOUX, *Sur le dosage de l'oxyde de carbone dans l'air* (*Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 33, 1923, p. 818-822). On y trouvera la bibliographie.

(⁴) Notamment de placer dès l'origine le sang en milieu réducteur (hydrosulfite de soude ammoniacal), ce qui permet d'éviter la moindre trace d'oxygène et d'examiner le sang *in situ* dans le tube de Winkler même où se fait le barbotage. Le sang par ailleurs est rendu imputrescible, ce qui permet d'opérer sur des échantillons toujours identiques à eux-mêmes.

La technique que je propose aujourd'hui permet d'opérer sur des volumes de gaz tout à fait réduits et d'augmenter ainsi la sensibilité.

L'appareil tout d'abord a été simplifié, le tube de Winkler d'un petit modèle, enroulé en deux spires seulement n'a plus que 7^{mm} de diamètre intérieur. Il présente : à sa partie terminale inférieure, et tout près de son origine, une partie soufflée ayant la forme d'une cuve parallélépipédique, à son extrémité supérieure, une boule. L'arrivée du gaz se fait par un tube semi-capillaire finement étiré, *amovible*, fixé par un petit bouchon à un trou à l'origine du tube de Winkler.

Pour assurer l'individualité de chacune des bulles de gaz prenant naissance dans le liquide sanguin à la sortie du tube semi-capillaire, ce qui est un moyen d'assurer une surface d'observation considérable, on ajoute à la solution de sang dilué, d'un volume de 6^{cm^3}, deux gouttes de saponine à 1 pour 100, la mousse est brisée à la sortie de l'appareil par une trace d'alcool octylique. Rien d'autre n'est changé au mode opératoire décrit dans ma publication antérieure.

Le calcul montre que les 6^{cm^3} de sang dilué à 2 pour 100 seraient capables de fixer, s'ils étaient saturés, $0^{cm^3}02$ (1) environ d'oxyde de carbone. Comme les deux bandes sont visibles lorsque le sang contient seulement 25 à 30 pour 100 de la quantité totale du pigment à l'état d'hémoglobine oxycarbonée, c'est dire que les quantités de CO, mises en jeu, sont de l'ordre vraiment infinitésimal de $0^{cm^3},005$ à $0^{cm^3},006$.

Voici les résultats :

Teneur de l'air en 100000e..	10	7,5	5	3	2	1	0,5	0,4	0,33
Volume d'air privé d'oxygène ayant provoqué l'apparition des bandes (en cm³)..	90	110	130	200	270	515	1000	1200	1400

Le simple examen de ces résultats montre la sensibilité vraiment remarquable de la méthode ; on peut noter par exemple que la recherche et le dosage de l'oxyde de carbone dilué dans l'air dans la proportion de $\frac{1}{100000}$ est une opération d'une facilité extrême : 500^{cm^3} environ de l'air privé d'oxygène suffisent pour obtenir l'apparition des deux bandes, le même résultat est obtenu avec 130^{cm^3} de gaz à $\frac{5}{100000}$.

Ces données expérimentales présentent, nous le croyons, un réel intérêt pratique; voici, dans un autre ordre d'idées, exposée en un résumé très bref, leur interprétation physico-chimique.

Rappelons les trois réactions suivantes que régit la loi d'action de masses :

---

(1) Exactement $0^{cm^3},0216$. Le même échantillon de sang employé dans toutes les expériences qui vont suivre avait en effet une capacité respiratoire de 18. Les 6^{cm^3} dilués à 2 pour 100 étaient donc capables de fixer un volume d'oxyde de carbone égal à $6 \times \frac{2}{100} \times \frac{18}{100} = 0^{cm^3},0216$.

1° Quand l'oxyde de carbone et l'oxygène se disputent la possession de l'hémoglobine et du fait de la réversibilité de la réaction

(I) $$HbO^2 + CO \rightleftharpoons HbCO + O^2,$$

une partie d'oxyde de carbone agit comme 220 à 250 parties d'oxygène [1].

2° Quand l'oxygène *seul* se trouve en présence d'hémoglobine, à une tension déterminée d'oxygène correspond une proportion rigoureusement déterminée d'oxyhémoglobine. Pour prendre un exemple : pour une tension d'oxygène de 10^{mm} de mercure, la proportion de HbO^2 est de 30 pour 100, et ceci est en parfait accord avec la réaction réversible

(II) $$Hb + O^2 \rightleftharpoons HbO^2.$$

3° Quand l'oxyde de carbone *seul* se trouve en présence d'hémoglobine, et du fait de la réversibilité de la réaction :

(III) $$Hb + CO \rightleftharpoons HbCO$$

à une tension déterminée d'oxyde de carbone correspond une proportion rigoureusement déterminée d'hémoglobine oxycarbonée; mais comme conséquence également des réactions (I) et (II), c'est à une tension 220 à 250 fois plus petite que celle de l'oxygène que correspond *le même* pourcentage d'hémoglobine oxycarbonée. Pour prendre l'exemple déjà cité : à la tension d'oxygène de 10^{mm} de mercure correspondait une proportion de 30 pour 100 d'hémoglobine oxygénée, ce sera à une tension d'oxyde de carbone de $\frac{10}{250}$, soit $0^{mm},04$ de mercure que correspondra la même proportion, soit 30 pour 100, d'hémoglobine oxycarbonée; cette proportion sera augmentée si la tension de CO est supérieure à $0^{mm},04$, elle sera diminuée si la tension de CO est inférieure à $0^{mm},04$ [2].

Or les expériences que je viens de rapporter dans cette Note montrent que l'on obtient déjà les bandes, c'est-à-dire 30 pour 100 d'hémoglobine

---

(1) MAURICE NICLOUX, *Les lois d'absorption de l'oxyde de carbone par le sang* in vitro (*Comptes rendus*, 157, 1913, p. 1425); *Id.* in vivo (*Comptes rendus*, 158, 1914, p. 363).

(2) Ces faits ont été établis par l'École anglaise et notamment par J.-S. Haldane et ses collaborateurs. Consulter pour l'ensemble de la question et la bibliographie : MAURICE NICLOUX, *Sur les combinaisons de l'hémoglobine avec les gaz : oxygène, oxyde de carbone, mélange de ces deux gaz. Nature de ces combinaisons et discussion sur les réactions d'équilibre qui leur donnent naissance. Revue critique* (*Bull. Soc. Chim. biol.*, 1, 1919, p. 114-145).

oxycarbonée, même quand la proportion de CO dans l'air n'est que de $\frac{1}{300\,000}$, correspondant à une tension de $760 : 300000 = 0^{mm},0025$ de mercure, soit 16 fois moins que la tension de $0^{mm},04$ à laquelle correspond, d'après l'école anglaise et en accord apparent avec la loi des masses, cette même proportion de 30 pour 100 d'hémoglobine.

Cette profonde divergence méritait d'être signalée, il serait de toute utilité d'en trouver l'explication; mes recherches continuent dans ce sens.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénation de la triple liaison. Formation de composés cis-éthyléniques.* Note de M. M. **Bourguel**, présentée par M. Moureu.

On sait que, d'après la représentation géométrique ordinairement adoptée pour représenter la double et la triple liaison entre deux atomes de carbone, la transformation d'une triple liaison en double liaison par addition doit conduire à un composé cis-éthylénique. On sait d'ailleurs que cette hypothèse est loin d'être vérifiée par l'expérience.

Les exemples d'addition d'hydrogène sont peu nombreux; ils montrent que, dans des conditions expérimentales excluant toute hypothèse de stéréomutation postérieure à l'hydrogénation, tantôt le composé cis, tantôt le composé trans sont les produits primaires de l'hydrogénation. Il semble qu'au moment de sa formation, la molécule éthylénique soit dans une sorte d'équilibre instable que les conditions de la réaction orientent dans un sens ou dans l'autre.

On ne saurait guère concevoir de procédé d'hydrogénation plus doux que l'hydrogénation catalytique à froid. Il était intéressant de savoir si l'on obtenait ainsi le composé cis ou le composé trans.

On connaît à ce sujet trois expériences exécutées toutes les trois à l'aide du palladium colloïdal; les résultats en sont contradictoires. Paal et Hartmann ont transformé le phénylpropiolate de soude en l'un ou l'autre des trois allo ou isocinnamates; ils n'obtiennent que des quantités insignifiantes d'acide cinnamique ordinaire (*trans*). Kelber et Schartz ont hydrogéné le tolane et ont obtenu l'isostilbène (*cis*) mélangé de stilbène, mais n'ont pas cherché les rapports des deux composants. Enfin Salkind à partir du tétraméthylbutinediol a obtenu un mélange de tétraméthylbutènediols qu'il pense être les isomères *cis* et *trans*.

Dans les exemples que je vais citer ici, je n'ai jamais obtenu que le com-

posé *cis*. Tout au plus ai-je pu, dans certains cas, déceler des traces de composé *trans*. Je me suis servi du palladium colloïdal sur un support protecteur aussi neutre que possible : l'amidon ; les quantités de catalyseur employées étant de 1 à 3^{cg} pour 15 à 30^{g} d'acétylénique.

Pour l'acide phénylproprolique, mes résultats confirment exactement ceux de Paal et Hartmann. Le produit de l'hydrogénation est un liquide soluble dans l'éther de pétrole où l'acide trans est insoluble. Ce liquide cristallise pour donner l'acide isocinnamique d'Erlenmeyer (fusion = 36°,5-38°) qui se transforme en quelques heures en l'acide isocinnamique de Libermann (fusion 54°-56°), lequel à son tour donne au bout de quelques mois l'acide allocinnamique (fusion 66°-67°). Je n'ai pas pu isoler d'acide trans.

L'hydrogénation du tolane donne presque uniquement de l'isostilbène (*cis*). 17^{g} de tolane donnent $14^{g},5$ d'isostilbène pur passant à 140°,5-141° sous 13^{mm}, alors que l'isomère trans bout à 168° sous la même pression. Il reste en outre un résidu de $0^{g},4$ qui est un mélange de dibenzyle et de stilbène. Il se forme donc au maximum $\frac{1}{30}$ à $\frac{1}{40}$ de l'isomère trans ; encore peut-on remarquer que l'isostilbène s'isomérise facilement par chauffage d'après Strauss, or la distillation a eu lieu à température élevée.

L'hydrogénation de l'acide acétylène-dicarbonique ne donne que de l'acide maléïque (*cis*). Effectuée sur 10^{g}, soit dans l'eau, soit dans l'acétate d'éthyle, elle donne un produit soluble dans 20^{cm^3} d'eau. Or l'acide fumarique est très peu soluble ($\frac{1}{150}$). Le résultat de l'hydrogénation fond à 127°-129° (acide maléïque 130°) et se transforme en anhydride maléïque par chauffage à 100° dans le vide.

L'hydrogénation de l'acide tétrolique ne donne que l'acide isocrotonique (*cis*). Sur 26^{g} il a été recueilli 23^{g} d'acide isocrotonique bouillant sur un demi-degré à 68°,5 sous 11^{mm}, alors que l'acide *trans* bout environ 15° plus haut ; cet acide isocrotonique fond de 9° à 11°, puis, après essorage, à 15° (théorie 15°), alors que l'acide crotonique fond à 72°. Il reste en outre un résidu très faible qui ne cristallise pas.

J'ai aussi repris le cas du tétraméthylbutinediol pour lequel Salkind trouve tantôt un composé fondant à 76°,5 tantôt un autre fondant à 69°,5-70°, tantôt un mélange. Il admet qu'il s'agit des isomères *cis* et *trans* et attribue au composé fondant à 76°,5 la constitution *cis* car il se déshydrate plus facilement pour donner un oxyde interne.

Dans l'hydrogénation du tétraméthylbutinediol je n'ai jamais trouvé qu'un seul composé fondant à 67°-68° semblable en tout point au composé

de Salkind fondant à 69°,5-70°. Tout au plus, en opérant sur 60g de matière ai-je pu isoler 0g,3 de l'isomère 76°,5 par des cristallisations successives, évaporation des liqueurs mères et triage des cristaux à la pince.

Il est vraisemblable d'après ce qui précède que le composé 67°-68° est *cis*. D'ailleurs il est dix fois plus soluble que son isomère et c'est une règle générale que les *trans* sont les moins solubles et fondent plus haut que leurs isomères *cis*.

En résumé, je n'ai jamais obtenu qu'un seul composé à très peu de chose près et, chaque fois que la constitution des isomères était connue d'une façon sûre, l'hydrogénation catalytique m'a donné l'isomère *cis*.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les aminoxydes des alcaloïdes du groupe du tropane.* Note (1) de MM. **Max** et **Michel Polonovski**, présentée par M. Charles Moureu.

Depuis les travaux de Wolffenstein, de Bamberger et de leurs collaborateurs sur les N-oxydes des amines tertiaires, l'action de H^2O^2 sur les alcaloïdes a été étudiée par plusieurs auteurs : alcaloïdes de la noix vomique (A. Pictet), de l'opium (Freund), de la fève de Calabar (Max et Michel Polonovski), du genêt (Valeur et Luce), du quinquina (Speyer et Becker). Nous avons cru intéressant d'étendre cette réaction aux alcaloïdes des Solanées, dans lesquels l'azote tertiaire basique se trouve engagé dans un noyau bicyclique, à la fois pyrrolidique et pipéridique.

```
H²C —— CH —— CH²                 /CH —— CH —— CH²
 |      |      |               /    |     |      |
 |  O = N — CH³ CHOR          O<    | O = N — CH³ CHOR
 |      |      |               \    |     |      |
H²C —— CH —— CH²                 \CH —— CH —— CH²
```

N-oxyde des tropéines. N-oxyde des scopoléines.

Bien avant les travaux précités, Merling (2), en faisant agir H^2O^2 sur la tropine et la tropidine, avait obtenu des dérivés auxquels il attribua la formule erronée $R = N - CH^2OH$, et dont il ne signale, comme propriétés, que l'analyse de leurs chloroplatinates. A la lumière des données actuelles sur les aminoxydes, nous avons repris cette étude.

Mode d'obtention. — L'alcaloïde en question est traité, soit tel que, soit

(1) Séance du 2 juin 1925.

(2) Merling, *Ber.*, 25, 1892, p. 3124.

en solution alcoolique ou acétonique, par H^2O^2 en léger excès, puis abandonné à froid pendant quelques jours; on évapore ensuite le dissolvant à basse température. Le résidu, tantôt cristallisé, tantôt huileux, est soumis à un traitement à l'éther, qui enlève la base non transformée, sans toucher à l'aminoxyde presque insoluble dans ce véhicule. On le purifie par cristallisation, si la chose est possible, ou bien on l'engage dans uue combinaison saline cristalline.

Propriétés. — Tous ces composés sont de réaction neutre an tournesol, très solubles dans l'alcool et dans l'eau, presque insolubles dans l'éther; ils donnent des sels bien cristallisés.

Traités à froid en solution aqueuse par SO^2, tous ces aminoxydes sont, en partie, réduits en sulfates des bases primitives; il se forme en même temps, en proportions notables, des éthers N-sulfonés [1] ordinairement peu solubles dans l'eau froide, du type de ceux qu'avait obtenus Wolffenstein à partir des trialcoylaminoxydes ou des N-alcoylpipéridiniumoxydes, et qu'on peut considérer comme des éthers internes d'acide N-sulfaminé

$$R = N(OH)(SO^3H) - CH^3 \xrightarrow{-H^2O} R = N(-O-SO^2-) - CH^3.$$

Ces éthers s'hydrolysent avec une très grande facilité; ils se saponifient déjà en partie à l'air humide et presque totalement par une ébullition prolongée en solution aqueuse.

Nous décrirons très brièvement les différents composées obtenus au cours de cette étude.

N-*oxyde d'hyosciamine.* — La transformation de l'hyosciamine en N-oxyde est complète à froid au bout de trois jours. Le produit obtenu, de consistance pâteuse, durci après évaporation dans le vide; il possède encore le pouvoir rotatoire, $\alpha_D = -15°$ (en solution alcoolique) et $\alpha_D = -19°$ (en solution aqueuse). Chlorhydrate : F. 198°; $\alpha_D = -11°,5$ (en solution aqueuse). (Analyse : trouvé, C = 59,3 pour 100; Az = 4,03 pour 100; Cl = 10,4 pour 100. Calculé pour $C^{17}H^{23}O^4N.HCl$: C = 59,6 pour 100; Az = 4,09 pour 100; Cl = 10,39 pour 100). Éther sulfoné : F. 208°; $\alpha_D = -15°$ (en solution alcoolique à 75°). Dosage de SO^3 : S = 8,7 pour 100. Calculé pour $C^{17}H^{23}O^3NSO^3$: S = 8,67 pour 100.

---

(1) Ces dérivés sulfonés ont dû échapper à A. Pictet qui décrit comme totale la réduction des oxydes de strychnine (Mattison et Pictet, *Ber.*, 38, 1905, p. 2782) en sulfate de base primitive sous l'action de SO^2. Nous avons pu en effet nous assurer que l'oxyde de strychnine, traité par SO^2, donnait un éther sulfoné, fondant au-dessus de 330°, peu soluble dans le carbonate de soude, mais facilement hydrolysable à chaud.

Cet éther sulfoné, en solution aqueuse, finit par s'hydrolyser à chaud en sulfate d'hyosciamine. Si l'on travaille à froid on peut régénérer l'hyosciamine, mais si l'on élève la température, soit au cours de l'oxydation, soit pendant la réduction, il se produit une racémisation en atropine, qui peut devenir totale.

N-*oxyde d'atropine*. — Masse sirupeuse hygroscopique. S'obtient également par racémisation de l'oxyde d'hyosciamine. (Analyse : trouvé, Az = 4,50 pour 100; calculé pour $C^{17}H^{23}O^{4}N$: Az = 4,59 pour 100.) Chlorhydrate : F. 192-193°. Éther sulfoné : F. 205°.

N-*oxyde de tropine*. — On peut le préparer, soit par action de $H^{2}O^{2}$ sur la tropine, soit par saponification du N-oxyde d'atropine. Il cristallise dans un mélange d'alcool et d'acétone. F. 238° (déc.). Chlorhydrate : F. au-dessus de 280°. Éther sulfoné : F. 218°.

N-*oxyde d'apoatropine*. — Cristallise dans l'acétone : F. 128°; chlorhydrate : F. 205°; salicylate : F. 152°; éther sulfoné : F. 155°. (Dosage de SO^{3} : trouvé, S = 9,39 pour 100. Calculé pour $C^{17}H^{21}O^{3}NSO^{3}$: S = 9,12 pour 100.)

N-*oxyde d'homatropine*. — F. 138-140°. Bromhydrate : F. 238°. Éther sulfoné : F. 210°.

N-*oxyde de scopolamine*. — Sirupeux; $\alpha_0 = -14°$ (en solution aqueuse). Bromhydrate : F. 153°. (Analyse : trouvé, Br = 19,36 pour 100. Calculé pour $C^{17}H^{21}O^{5}NHBr$: Br = 19,9 pour 100.). Perchlorate : F. 167°. Ether sulfoné, très soluble dans l'eau.

Tous ces éthers N-sulfonés sont isomères, mais nettement différents des éthers O-sulfuriques que Willstätter et Hug [1] ont obtenus par action de $SO^{4}H^{2}$ concentré sur ces alcamines et qui ont pour formule :

```
CH² ──── CH ──────── CH² ──────── C⁶H⁵
 │        │                        │
 │    H ╲ N ── CH³ ── CH ── OOC ── CH
 │      ╱ │            │           │
CH² ──┼── CH ──────── CH²          CH²
      │                            │
      └─O ────────── SO² ───────── O
```

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur de nouvelles bases triazotées : les urées des pyrazolines*. Note de MM. **R. Locquin** et **R. Heilmann**, présentée par M. Moureu.

Au cours d'un travail comportant l'étude de quelques pyrazolines, nous avons cherché à caractériser les corps de ce genre par différents composés cristallisés, entre autres par leurs dérivés benzène sulfonés, parabromobenzène sulfonés ainsi que par leurs urées.

---

(1) *Centralbl.*, 1912, p. 840.

A notre connaissance, l'action du cyanate de potassium sur les pyrazolines en milieu acide n'a pas encore été signalée. Nous avons constaté qu'elle s'effectue avec une extrême facilité et avec un rendement intégral en ajoutant peu à peu et à froid un large excès de cyanate de potassium pulvérisé dans une solution *acétique* de la pyrazoline envisagée.

La réaction qui prend naissance peut être représentée par une équation de la forme :

$$\begin{array}{l}{R \atop R'}\!\!>C - CH^2 - C - R'' \\ \quad | \qquad\qquad\quad \| \\ \quad NH \text{———} N\end{array} + CNOH \rightarrow \begin{array}{l}\qquad\qquad\;\; {R \atop R'}\!\!>C - CH^2 - C - R'' \\ \qquad\qquad\qquad | \qquad\qquad\quad \| \\ NH^2 - CO - N \text{———} N\end{array}$$

Après un ou deux jours de contact on alcalinise par addition d'une solution concentrée de carbonate de potassium et extrait à l'éther l'*urée* formée, laquelle se dépose généralement à l'état cristallin par simple concentration du solvant.

Les urées ainsi obtenues sont des bases faibles, ordinairement solides et présentant un point de fusion très net, situé, dans tous les cas que nous avons étudiés, entre 110 et 130° C. Très stables à la température ordinaire elles sont susceptibles de distiller dans le vide, presque sans décomposition, et passent alors de 70 à 90° environ au-dessus de la pyrazoline dont elles dérivent. Elles fournissent des picrates parfois bien cristallisés et se dissolvent aisément dans les acides moyennement concentrés avec lesquels elles donnent des sels qu'il est d'ailleurs difficile d'isoler à l'état pur. Enfin, elles sont susceptibles d'être acylées et en particulier réagissent sur le chlorure de benzoyle, en milieu pyridique à la température du bain-marie, pour donner les dérivés dibenzoylés très peu solubles dans l'éther.

Les solutions de soude ou de potasse à 10 pour 100 n'altèrent pas sensiblement ces urées même après plusieurs heures d'ébullition. Par contre, quand on les fait bouillir avec de l'acide chlorhydrique dilué ($d = 1,10$) on en régénère les pyrazolines dont elles dérivent et qu'on peut mettre en liberté par neutralisation de la liqueur acide où elles restent en solution.

Sous l'action de l'acide azoteux, à la température de 0°, ces mêmes urées sont profondément altérées avec production partielle de la cétone éthylénique à laquelle correspond la pyrazoline fondamentale.

Nous décrivons ci-après quelques-uns des corps obtenus à partir de pyrazolines formées par l'action de l'hydrate d'hydrazine sur des cétones ou aldéhydes α-β non saturées bieu connues. Toutes ces pyrazolines étant très oxydables ont été distillées

dans le vide non pas avec une rentrée d'air, mais avec une rentrée d'azote. La plupart d'entre elles n'ayant pas encore été décrites nous avons profité de la circonstance pour les caractériser par leurs dérivés benzène sulfonés et parabromobenzène sulfonés préparés au sein de la pyridine à la température ordinaire.

1° *Dérivés de la* 3.5.5-*triméthylpyrazoline* $C^6H^{12}N^2$ obtenue à partir de l'oxyde de mésityle.

Quand on dissout cette base ($Eb_{11mm} = 51$ à 52° C.) dans environ 3 fois son poids d'acide acétique et qu'on ajoute à cette solution 2 à 3 molécules de CNOK pulvérisé on la transforme intégralement en l'*urée correspondante*

$$\begin{array}{l} (CH^3)^2 = C - CH^2 - C - CH^3 \\ \qquad\qquad\quad | \;\; 5 \quad 4 \quad 3 \;\; \| \\ NH^2 - CO - N^1 \text{———} {}^2N \end{array}$$

($Eb_{10mm} = 140$-141°; P. F. = 129°) donnant un *picrate* fondant à 136-137°.

Dissoute dans HCl et additionnée de NO^2Na elle est scindée en oxyde de mésityle et carbamazide $N^3 - CO - NH^2$ fondant à 104° découverte par Thiele et Stange (¹).

2° *Dérivés de la* 3-*méthyl*-5-*isopropylpyrazoline* $C^7H^{14}N^2$. Obtenue à partir de l'isobutylidène acétone, cette pyrazoline distille de 75 à 77 sous 11mm. Son *dérivé benzène sulfoné* fond à 109°, mais ce point peut être élevé à 114° après étuvage. Son *dérivé parabromobenzène sulfoné* fond à 134-135°.

Son *urée* $C^8H^{15}ON^3$ ($Eb_{11mm} = 155$-157°; P.F. = 116-117°) donne un *dérivé dibenzoylé*, fondant à 141° et quand on la traite par HCl étendu à l'ébullition on la décompose avec régénération de la pyrazoline initiale.

3° *Dérivés de la* 3-*méthyl*-5-*isobutylpyrazoline* $C^8H^{16}N^2$. — Obtenue à partir de l'isoamylidène acétone, cette pyrazoline bout de 90 à 92° sous 10mm; son *dérivé benzène sulfoné* fond vers 93° mais ce point de fusion s'élève peu à peu jusqu'à 115° par séjour à l'étuve; son *urée* $C^9H^{17}ON^3$ ($Eb_{10mm} = 162$ à 168°; P.F. = 110-111°) donne un *dérivé dibenzoylé* fondant à 128-129°.

Bouillie avec HCl à 20 pour 100, cette urée est décomposée avec régénération de la pyrazoline dont elle provenait.

4° *Dérivés de la* 4-*méthyl*-5-*éthylpyrazoline* $C^6H^{12}N^2$. — Obtenue à partir de l'α-méthyl-β-éthylacroléine, cette pyrazoline bout de 65 à 70° sous 10mm; son *dérivé benzène sulfoné* fond à 118°; son *urée* $C^7H^{13}ON^3$ bout de 155 à 160° sous 11mm et fond à 100-110°.

On remarquera que les urées des pyrazolines ont exactement la même composition centésimale que les semicarbazones normales des cétones ou des aldéhydes α-β non saturées auxquelles correspondent les pyrazolines en question, autrement dit elles sont isomères de ces semicarbazones.

Ainsi, l'urée $\begin{array}{l} (CH^3)^2 = C - CH^2 - C - CH^3 \\ NH^2 - CO - N \text{———} N \end{array}$ fondant à 128° et dérivant de la pyrazoline obtenue à partir de l'oxyde de mésityle possède exactement

(¹) Thiele et Stange, *Liebig's Annal.*, 283, 1894, p. 38.

la même composition centésimale $C^7H^{13}ON^3$ que la semicarbazone normale $(CH^3)^2=C=CH-C(CH^3)=N-NH-CO-NH^2$ fondant à 162-164° et correspondant à cette dernière cétone.

Une comparaison analogue s'applique aux autres cas, mais l'urée de la pyrazoline dérivant de l'oxyde de mésityle présente un intérêt particulier en ce sens qu'elle se trouve être absolument identique à la base en $C^7H^{13}ON^3$ qui, dans différentes circonstances, prend naissance (à côté de la semicarbazone normale) dans les produits de l'action de la semicarbazide sur l'oxyde de mésityle (1).

L'explication du processus de la formation et la recherche de la constitution de cette base ont suscité de nombreuses expériences et fait couler beaucoup d'encre sans qu'une conclusion définitive s'impose (2). On voit, par la façon dont nous avons facilement préparé ce même composé, qu'on doit le représenter par la formule développée que nous donnons ci-dessus et qu'ainsi se trouve solutionnée une question depuis longtemps controversée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les δ-dicétones acycliques. Transformation en dérivés pyridiques.* Note de M. E.-E. **Blaise** et Mlle **M. Montagne**, présentée par M. Béhal.

On sait que certains corps complexes, possédant la fonction δ-dicétone, sont susceptibles de se transformer en dérivés dihydropyridiques par action de l'ammoniaque (3); et cette transformation se produit même dans le cas où le composé δ-dicétonique est susceptible de se cycliser par perte d'eau en donnant un dérivé à noyau cyclohexénonique. Il était donc particulièrement intéressant d'étudier l'action de l'ammoniaque sur les δ-dicétones acycliques simples dont nous avons donné antérieurement une méthode de préparation. Celles-ci, réagissant sous la forme diénolique, auraient pu former des dialcoyldihydropyridines

$$CH^2\begin{cases} CH=C-R \\ \quad\quad\;\; | \\ \quad\quad OH \\ \quad\quad OH \\ \quad\quad\;\; | \\ CH=C-R \end{cases} + NH^3 \rightarrow CH^2\begin{cases} CH=C-R \\ \qquad\qquad\;\; \rangle NH \\ CH=C-R \end{cases}$$

(1) Scholtz, *D. ch. G.*, 29, 1896, p. 610; Harriès et Kaiser, *Ibid.*, 32, 1899, p. 1338.

(2) Voir Rupe et Kessler, 42, 1909, p. 4503.

(3) Hantzsch, *Ber.*, 18, 1885, 2585; Engelmann, *Lieb. Ann.*, 231, 1885, 69; Paal et Strasser, *Ber.*, 20, 1887, 2756; Wislicenus, *Lieb. Ann.*, 281, 1887, 95.

Or l'action de l'ammoniaque sur le dipropionylpropane donne exclusivement la méthyléthylcyclohexénone bouillant à 104° sous 17mm :

$$CH^2\begin{cases} CH^2-CO-C^2H^5 \\ \qquad\qquad\qquad CH^2-CH^3 \\ CH^2-CO \end{cases} \rightarrow CH^2\begin{cases} CH^2-C-C^2H^5 \\ \qquad\qquad \| \\ \qquad\qquad C-CH^3 \\ CH^2-CO \end{cases}$$

Dans le cas des δ-dicétones acycliques simples, c'est donc la tendance à la formation de cyclénone qui prédomine de beaucoup. Et si, dans le cas des molécules δ-dicétoniques plus compliquées, on observe la formation de composés dihydropyridiques, cela tient à ce que ces molécules contiennent des groupements électronégatifs qui favorisent l'énolisation de la fonction δ-dicétonique. Ce cas est, par exemple, celui de l'éther méthylène-*bis*-acétylacétique dans lequel les fonctions acides β-cétoniques tendent à provoquer l'énolisation des deux fonctions cétones

$$\begin{matrix} CH^3-CO-CH-CO^2C^2H^5 \\ \rangle CH^2 \\ CH^3-CO-CH-CO^2C^2H^5 \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} CH^3-C=C-CO^2C^2H^5 \\ | \\ OH \qquad \rangle CH^2 \\ OH \\ | \\ CH^3-C=C-CO^2C^2H^5 \end{matrix}$$

Mais il existe une autre méthode permettant de transformer les δ-dicétones en bases pyridiques, c'est celle qui repose sur l'action de l'hydroxylamine sur ces dicétones. Toutefois l'auteur de la méthode ([1]) spécifie qu'elle n'est applicable que dans le cas où les radicaux R et R_1 de la dicétone $R-CO-(CH^2)^3-CO-R_1$ sont des aryles. Si ce sont des alcoyles il y a formation de dérivés cyclohexénoniques ([2]). Nous avons reconnu qu'en fait cette conclusion est inexacte car les δ-dicétones dialcoylées peuvent être transformées en bases pyridiques par action de l'hydroxylamine avec un rendement satisfaisant. Nos essais ont porté sur le dipropionylpropane $C^2H^5-CO-(CH^2)^3-CO-C^2H^5$. Si l'on chauffe cette dicétone avec un excès de chlorhydrate d'hydroxylamine en solution hydro-alcoolique et en tube scellé à des températures comprises entre 115° et 180°, on obtient surtout des produits goudronneux et indistillables ; mais les résultats deviennent bien meilleurs si l'on se contente de maintenir la solution à l'ébullition, à reflux, pendant 6 heures environ. On constate alors la production

---

(1) KNOEVENAGEL, *Lieb. Ann.*, 281, 1894, p. 34.

(2) Cf. aussi, WISLICENUS et ses élèves, *Lieb. Ann.*, 302, 1898, p. 235 et 241.

de deux composés : l'un, neutre, n'est autre que l'oxime de la méthyléthylcyclohexénone, cristallisant en aiguilles brillantes fondant à 180° ; le second est l'$\alpha\alpha'$-diéthylpyridine, liquide incolore à forte odeur pyridique bouillant à 71-73° sous 17^{mm}.

Les résultats sont meilleurs si l'on transforme d'abord la dicétone en dioxime. Celle-ci fond à 53-54° et traitée à l'ébullition par une solution d'acide chlorhydrique sec dans l'alcool absolu, elle fournit la base pyridique avec un rendement de 60 pour 100 environ; toutefois on observe encore la formation d'une petite quantité de l'oxime de la méthyléthylcyclohexénone.

Le picrate de l'$\alpha\alpha'$-diéthylpyridine cristallise en aiguilles fondant à 115°; le chloroaurate $C^9H^{13}N.HCl.AuCl^3$ fond à 92° et le chloroplatinate $(C^9H^{13}N.HCl)^2PtCl^4$ à 211-212° (fusion instantanée). L'iodométhylate s'obtient aussi sans difficulté et cristallise en aiguilles groupées en rosettes fondant à 142°.

Il résulte de ces faits que l'action de l'hydroxylamine sur les δ-dicétones constitue une méthode d'un caractère général permettant de préparer les bases pyridiques. Quant au mécanisme même de la transformation il paraît encore fort obscur. Sa discussion ne saurait trouver place dans cette Note et nous nous bornerons à dire que la seule interprétation satisfaisante qui se présente à l'esprit conduit, pour les bases pyridiques, au schéma Riedel-Hantzsch et non pas à celui de Körner.

GÉOLOGIE. — *Sur la géologie de la région de Pak Lay (Moyen Laos).* Note de M. R. **Bourret**.

J'ai consacré l'hiver 1923-1924 à l'étude géologique du pays peu praticable qui comprend la grande boucle du Mékong au sud de Luang Prabang et à l'ouest de Vientiane et qui correspond à la région de Pak Lay (Moyen Laos). Ce pays, peu peuplé et entièrement couvert de forêts, est caractérisé par la prédominance de la direction nord-sud dans le cours des rivières; cette direction est due vraisemblablement à des plis récents à long rayon de courbure superposés à des plis anciens. Le Mékong, par suite de phénomènes de capture, s'est creusé un lit capricieux; il est en voie d'arriver à son profil d'équilibre, il est formé d'une série de biefs séparés par des rapides; quelques-uns de ces biefs servent de niveau de base à des rivières qui ont atteint leur période de sénilité et qui, tout près de leur source, serpentent en d'innombrables méandres avant d'atteindre le Mékong. Des vestiges de

hauts-niveaux permettent de se rendre compte de l'existence d'un changement continu du niveau de base dû probablement à des mouvements épirogéniques. Le pays est formé d'un substratum très plissé recouvert par des terrains horizontaux que le Mékong et ses affluents ont suffisamment arrasés pour mettre à nu, dans les points bas de la vallée, le substratum plissé. L'épaisseur des terrains creusés par le Mékong a pu atteindre 2000^m.

Les éléments stratigraphiques sont les suivants de haut en bas :

Alluvions anciennes et récentes, terrasses, cailloutis, sables et argiles, brèches et poudingues, latérite alluviale, bancs de sable du Mékong.

Grès supérieurs. — Ces grès non datés atteignent 2000^m d'épaisseur; ils reposent sur le Terrain rouge (Trias moyen). Ils n'ont fourni aucun fossile et rien ne permet de se rendre compte de la durée de leur dépôt. Ils ne sont pas plissés, mais à peine ondulés, et occupent toutes les parties hautes de la région de Pak Lay.

Terrain rouge. — Ce terrain est composé de grès très fins argilo-calcaires avec bancs plus calcaires, et de masses importantes de poudingues; ils n'ont pas fourni de fossiles dans la région de Pak Lay, mais, près de Luang Prabang, M. Counillon y a récolté un crâne de Dicynodon du Trias moyen.

Ce terrain est à peine un peu plus ondulé que les grès supérieurs; il correspond à des dépôts continentaux et contient du sel.

Coulées éruptives permotriasiques. — Ces coulées, souvent horizontales, parfois un peu ondulées, sont surtout formées d'andésites et de tufs d'andésites contenant parfois des débris de calcaire à fusulinidés; les andésites sont traversées par des dykes de rhyolites, et plus rarement recouvertes par des coulées rhyolitiques; les rhyolites renferment souvent des inclusions d'andésites; rhyolites et andésites se trouvent en galets dans le Terrain rouge.

Ouralien. — L'Ouralien est représenté par des calcaires massifs, et des phtanites avec foraminifères parmi lesquels se trouvent souvent des fusulinidés; des débris d'encrines, de bryozoaires, de brachiopodes sont fréquents; ces calcaires sont excessivement plissés en plis verticaux nord-sud et souvent un peu métamorphisés.

Terrains antéouraliens. — Ces terrains, schistes, lydiennes et grès, avec quelques calcschistes, sont particulièrement laminés et plissés en plis serrés de direction N-S; ils sont souvent métamorphisés. Ils n'ont fourni nulle part aucun fossile.

Granites. — Les roches éruptives grenues sont des granodiorites à amphibole; ils ne sont pas écrasés et ont métamorphisé l'Ouralien et peut-être les andésites, à l'exclusion du Trias et des terrains supérieurs. On peut admettre qu'ils sont en relation avec les coulées rhyolitiques, c'est-à-dire de la fin du Permien ou du début du Trias.

Le substratum paléozoïque est très plissé, en plis de direction N-S avec tendance à un déversement vers l'Ouest. Le plissement a eu son maximum d'intensité à la fin de l'Ouralien, mais s'est continué bien au delà. Les plis du substratum de la région de Pak Lay sont donc des plis hercyniens. Vers la fin de la période intense de plissement, des fractures,

qui paraissent être également dirigées N-S, ont permis à des laves de s'épancher à la surface en quantités considérables. Les coulées, d'abord andésitiques, sont devenues plus acides à la fin de la période des éruptions qui correspond au Permien.

A la suite des éruptions se sont formés les dépôts continentaux oxydés du Terrain rouge, puis des grès quartzites, qui paraissent avoir enseveli sous leurs masses horizontales en pays incomplètement nivelé; il existait à cette époque des vallées avec massifs de calcaires ouraliens plissés restés en saillie, et les dépôts du Terrain rouge se sont effectués horizontalement autour d'eux. L'épaisseur des grès paraît due à un enfoncement lent du continent (enfoncement qui doit intéresser toute l'Indochine du Sud). Le creusement des vallées actuelles et le déblaiement des vallées anciennes paraissent dus au contraire à une surrection lente du même continent, surrection accompagnée ou précédée d'un plissement très faible, surimposé aux plis hercyniens, et dont on peut chercher l'origine dans les mouvements himalayens qui ont provoqué les charriages caractéristiques du nord de l'Indochine. Les charriages eux-mêmes ne semblent pas avoir affecté la région de Pak Lay qui fait partie du môle de l'Indochine du Sud.

L'effort tangentiel a été la cause de plis à très grand rayon de courbure. Dans la région de Pak Lay l'espace compris entre la chaîne frontière à l'Ouest et le Pou Phan à l'Est correspond à une seule grande aire anticlinale complexe, entre des aires synclinales occupées par les grès de la chaîne frontière et par ceux de la région de Vientiane; cette aire anticlinale est divisée par des anticlinaux moins importants.

Roches de la région de Pak Lay. — Je ne citerai que des granites monzonitiques, des monzonites. des microdiorites quartziques et des micromonzonites, et surtout des andésites et des rhyolites. Parmi les roches sédimentaires je noterai des grès à éléments éruptifs et ciment calcaire.

LITHOLOGIE. — *Sur quelques roches filoniennes curieuses des environs de Mestigmer (Maroc)*. Note de M. L. **Duparc.**

En parcourant les environs de Mestigmer, j'ai trouvé des roches filoniennes qui me paraissent mériter quelque intérêt. Les filons ont été rencontrés au kilomètre 76 à partir d'Oujda, dans une colline assez étendue, qui se trouve au sud de la route. Cette colline est entièrement formée par des quartzites blancs, à grain très fin, en bancs bien lités,

dirigés O 20° N et plongeant vers le sud d'angles variables. Au microscope, ces quartzites sont formées par des petits grains de quartz arrondis, associés à des produits ferrugineux opaques. En montant depuis la route sur la colline en question, on trouve bientôt un gros filon de 10 à 15^{m} d'épaisseur d'une roche éruptive basique, cristalline, noirâtre, et d'aspect basaltique. Au microscope, elle correspond à un lamprophyre à deux temps de consolidation, euphyrique, dont les phénocristaux sont exclusivement représentés par de l'augite et de la biotite.

L'*augite*, très abondante, renferme en inclusions des prismes hexagonaux d'apatite, qui se trouvent d'ailleurs partout, dans la biotite comme dans la pâte. L'augite prédominante présente ordinairement les formes (110), (010), (100) puis (111); elle est allongée selon $m(110)$ et aplatie selon (100); les macles suivant $h^1(100)$ sont rares. En lames minces elle est incolore ou légèrement violacée, souvent zonée. Le plan des axes optiques est dans $g^1(010)$, la bissectrice aiguë est positive; l'extinction de n_g dans $g^1(010)$ est 40°, les biréfringences : $n_g - n_p = 0{,}026$, $n_g - n_m = 0{,}021$, $n_m - n_p = 0{,}006$ (mesure directe), $2V = 57°$. La *biotite* accompagne l'augite; elle est postérieure à celle-ci, qu'elle moule et empâte complètement, elle est uniaxe, négative, très polychroïque, avec $n_g =$ brun rougeâtre foncé, $n_p =$ brun rougeâtre très pâle. Sa biréfringence $n_g - n_p = 0{,}044$. Elle renferme des inclusions d'apatite très nombreuses.

La pâte, réduite par rapport aux phénocristaux, renferme de très nombreux octaèdres de magnétite, des gros grains et prismes d'augite identiques à celle des phénocristaux, et de nombreuses aiguilles d'apatite. Ces divers éléments sont réunis par une matière amorphe peu abondante, de couleur brunâtre, et isotrope. Il est à remarquer que dans cette roche les éléments saliques font complètement défaut, aussi bien dans la pâte que dans les phénocristaux.

Le filon dont il vient d'être question n'est pas seul de son espèce; à une faible distance de son affleurement, et un peu plus à l'Ouest, on trouve sur les pentes de très nombreux cailloux qui proviennent de filons analogues situés au-dessus. Mais ici, à côté de la roche lamprophyrique dont il vient d'être question, on trouve d'autres roches d'apparence dioritique, dont l'élément blanc est toujours fortement altéré, et qui renferment en abondance des cristaux allongés d'augite mesurant jusqu'à 1^{cm} au microscope, cette roche est holocristalline, et renferme les minéraux suivants dans l'ordre de leur consolidation : *Apatite* en grosses aiguilles hexagonales, très abondantes, incluses indifféremment dans l'élément blanc ou noir. *Sphène*

en cristaux relativement gros, mesurant jusqu'à $0^{mm},6$, sur lesquels on peut reconnaître les profils (100), (001) et (102); extinction dans g^1 (110) à 39°; 2V autour de 30°. *Augite* formant de beaucoup l'élément noir principal; les cristaux sont allongés suivant $m = (110)$, et aplatis selon h^1 (100), elle présente les profils ordinaires aux augites titanifères des limburgites. La disposition zonée est la règle, les zones externes sont généralement plus colorées que le centre, la forme en sablier est fréquente.

Les propriétés optiques du minéral correspondent à celles de l'ægyrine-augite. Plan des axes dans g^1(010), signe optique positif; extinction de n_g dans g^1(010) = 56°-57°; $n_g - n_p = 0,028$; $n_g - n_m = 0,0197$; $n_m - n_p = 0,008$ (compensateur), 2V = 65°. Polychroïsme appréciable (n_g = jaune brunâtre, n_m = brun violacé, n_p brun violacé plus foncé). *Biotite* plus rare que l'augite, et la moulant partout. Elle est uniaxe, avec polychroïsme ordinaire dans les tons rouge brun. *Ægyrine;* elle entoure fréquemment d'un mince liséré ou d'un capuchon les cristaux d'augite, mais se trouve aussi en petits prismes très allongés dispersés parmi l'élément blanc. Ces prismes sont de couleur vert foncé, leur centre reste souvent brunâtre. L'ægyrine s'éteint à 4°-5° de son allongement négatif, $n_g - n_p = 0,066$; polychroïsme très intense, n_g = vert jaunâtre, n_p = vert très foncé. L'élément blanc est complètement décomposé, et transformé en une masse grisâtre d'aspect kaolinique. On distingue cependant certains contours nettement rectangulaires, d'autres franchement hexagonaux. Par place, on trouve encore quelques bribes du minéral plus frais. Sur les sections toujours obscures p(0001), on voit une croix noire très floue, le signe optique est positif. D'autre part, les sections rectangulaires qui s'éteignent parallèlement à l'allongement, ont un allongement de signe positif. La biréfringence $n_g - n_p$ paraît faible, et ne doit guère dépasser 0,005. Sur les bords de la préparation on a observé que n_g comme n_p sont inférieurs à l'indice du baume. Une attaque faite par l'acide chlorhydrique concentré a montré que le minéral était attaqué. Ce minéral appartient au groupe de la néphéline dont il a tous les caractères, sauf le signe optique.

Cette roche paraît en relation avec les lamprophyres étudiés ci-dessus, car on trouve dans les éboulis des fragments montrant le contact des deux roches.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur un cas de foudroiement.* Note (¹) de M. E. **Vander Linden**.

Dans toutes les statistiques d'arbres foudroyés, on remarque une prédominance notable d'essences dont les sujets adultes portent un rhytidome épais et profondément fendillé, tels les peupliers, les chênes, les ormes, les pins. Par contre, les espèces à tronc plus uni, plus lisse, comme les hêtres, les bouleaux, les platanes, les érables, les cerisiers y sont peu représentées. L'étude des foudroiements d'arbres en Belgique a aussi fait ressortir cette particularité (²). En outre, les effets disruptifs de la décharge ne s'observent ordinairement que sur la partie du tronc recouverte de cette carapace rugueuse. Les observateurs en ont conclu le plus généralement, qu'il existe une fulguration élective due à des causes diverses. Nous avons autrefois émis des doutes sur cette hypothèse, et supposé que la fulguration n'est élective qu'en apparence (³). Les espèces, apparemment plus souvent frappées, seraient celles sur lesquelles la décharge produirait des effets mécaniques visibles, en raison de la surface inégale du tronc et de la faible conductibilité du rhytidome. Les troncs lissès pourraient par contre essuyer une décharge sans en porter des traces, le courant pouvant passer plus librement sur leur surface. Nous eûmes, dans la suite, l'occasion de signaler, en faveur de cette opinion, le cas d'un jeune homme foudroyé, alors qu'il se tenait adossé à un marronnier à tronc lisse. L'arbre lui-même ne portait aucune trace de fulguration, sauf deux feuilles roussies par l'étincelle (⁴).

Un nouveau cas analogue étant arrivé à notre connaissance, nous avons cru utile de le signaler. Le 5 mai dernier, un gendarme, qui s'était mis à l'abri sous un hêtre, fut foudroyé près de Tongres. Voici les renseignements complémentaires qu'a bien voulu nous fournir, sur cet accident, le commandant Cromeecke :

Le hêtre sous lequel la victime se tenait, a à 1^m du sol une circonférence de $1^m,93$ et se trouve dans une double rangée d'arbres de même essence, croissant sur un talus

---

(¹) Séance du 25 mai 1925.

(²) E. Vander Linden, *Étude sur les foudroiements d'arbres constatés en Belgique* (*Annales météor. de l'Observ. royal de Belgique*, 20, 1907).

(³) *Op. cit.* et *Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, 21, 1906, p. 153.

(⁴) *Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, 34, 1906, p. 106 et suiv.

le long d'un chemin. L'arbre en question, au tronc bien lisse, ne porte aucune trace de foudroiement, sauf quelques feuilles roussies. L'homme frappé était à 15^{cm} du tronc en raison de l'eau qui en découlait. La décharge a atteint tout d'abord la visière du képi de la victime et brûla ensuite le corps. Quatre autres hêtres de la même rangée, et distants l'un de l'autre de 5^{m} ont aussi quelques feuilles roussies. Un autre gendarme abrité sous un hêtre de la seconde rangée, placée en contre-bas, à 5^{m} de distance vis-à-vis de la victime, est resté indemne.

Ce cas montre donc, une fois de plus, que la foudre peut, en quelque sorte, glisser sur un tronc d'arbre sans l'entamer, à condition qu'il ne présente pas de grandes aspérités.

BOTANIQUE. — *Sur la phytostérine des écailles des bulbes dans les espèces du genre* Lilium. Note de M. **Marcel Mirande**, présentée par M. Guignard.

Dans deux Notes précédentes (6 octobre et 10 novembre 1924), j'ai montré la présence, dans les cellules épidermiques des écailles bulbaires du *Lilium candidum*, de deux sortes de phytostérine (*liliostérine*). L'une est produite, sous divers aspects morphologiques, par ces vacuoles très particulières, de bonne heure individualisées, revêtues d'une membrane plasmique avec laquelle elles deviennent libres au sein de la cellule, et auxquelles j'ai cru devoir donner le nom de *stérinoplastes;* cette phytostérine est douée d'une biréfringence *négative*. L'autre est une phytostérine générale qui, sous certaines influences telles que la dessiccation, le gel, les blessures, se dépose en blocs concrétionnés remplissant parfois complètement la cellule; elle est douée d'une biréfringence *positive*.

Dans la présente Note, j'étends mes observations sur le genre *Lilium* en général.

J'ai pu examiner les espèces suivantes : *auratum* Lindl., *Bolanderi* Wats, *canadense* L., *chalcedonicum* L., *colchicum* (*monadelphum* Bieb.), *croceum* Chaix, *Davidi* Duch., *Humboldtii* Roezl et Leichtl, *Hansoni* Leichtl, *Grayi* Wats, *lancifolium* Thunb., *Martagon* L., *Parryi* Wats, *parvum* Kellog, *pardalinum* Kellog, *philadelphicum* L., *pyrenaicum* (*aureum* et *rubrum*) Gouan, *speciosum* Thunb., *superbum* L., *Thunbergianum* Schultt., *tigrinum* Gawl.

Dans aucune de ces espèces on n'observe de stérinoplastes. Ces sortes d'organites semblent n'appartenir qu'au seul *Lilium candidum* qui déjà se montre, parmi le genre, comme un type bien tranché par certains de ses caractères morphologiques et, notamment, par son mode bien spécial de végétation hivernale.

Par contre la phytostérine concrétionnée, à biréfringence positive, est très répandue dans le genre *Lilium* et semble y être générale. Cette stérine positive, répandue dans toutes les espèces, et qui ne coexiste avec les stérinoplastes que

dans le *L. candidum*, semble donc bien, dans cette dernière espèce même, être sans relation avec les stérinoplastes. Cette stérine est contenue, en dissolution, dans l'appareil vacuolaire général des cellules épidermiques et s'y dépose, souvent en grande abondance et dans les conditions que j'ai décrites, en blocs concrétionnés de formes extrêmement variées; elle est présente d'assez bonne heure et, dans les épidermes d'écailles fraîches, où le dépôt concrétionné solide n'est pas encore effectué, on peut souvent le provoquer artificiellement, notamment sous l'action ménagée de l'eau chaude. Ces blocs de toutes formes se résolvent en minces couches concentriques légèrement séparées, ce qui, en coupe optique, donne l'aspect de cette structure fibrillaire concentrique que j'ai décrite à propos du Lis blanc; cette structure fibrillaire se présente normalement ou bien il est facile de la mettre artificiellement en lumière.

Parmi les espèces énumérées ci-dessus, je citerai, comme se prêtant le mieux à cette étude de la liliostérine vacuolaire générale positive, les *L. chalcedonicum, superbum, Bolanderi, pyrenaicum, Hansoni, Humblodtii, croceum, Davidi, Martagon.*

Le *L. Martagon* mérite une mention spéciale. La liliostérine se dépose souvent en blocs plus ou moins sphériques, parfois d'assez grosses tailles, dont quelques-uns montrent leur structure fibrillaire concentrique; d'autres, ne la montrant pas encore, sont alors beaucoup plus réfringents et doués de belles teintes propres d'interférences sous les nicols croisés. Traitées par la glycérine, ces sphères, d'aspect primitivement amorphe, se montrent instantanément avec une structure radiocristalline à cristaux assez larges, puis, lentement, ces radiocristaux se résolvent, de la périphérie au centre, en la structure fibrillaire concentrique.

La production de cette stérine vacuolaire générale augmente avec l'âge des écailles et arrive à son maximum au moment de leur dessiccation ou de leur flétrissement, dans les circonstances naturelles ou artificielles, au point que, seule, cette substance, à l'état concrétionné, finit par remplir les cellules épidermiques lorsqu'elles sont mortes. La dessiccation d'une écaille, artificiellement isolée d'un bulbe, demande de longs mois pendant lesquels elle se vide progressivement de ses réserves pour le développement des bulbilles formés sur la cicatrice. Dans les conditions naturelles, dans le sol, l'infestation des écailles par les microorganismes est rare et se borne à l'attaque partielle et superficielle par quelques filaments fongiques.

Dans les bulbes des Lis, la phystostérine ne semble donc pas avoir un rôle de réserve alimentaire, mais plutôt un rôle de défense; elle semble aussi protéger les écailles contre une trop rapide dessiccation. Notons que les nombreuses recherches dont la cholestérine animale a été l'objet au cours de ces dernières années tendent à prouver que cette substance joue aussi dans l'organisme un rôle de défense antiinfectieux; sa propriété hydrophile a été également mise en lumière.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence du loroglossoside (loroglossine) dans le* Listera ovata *R. Br. et l'*Epipactis palustris *Crantz et sur quelques nouvelles réactions de ce glucoside*. Note de MM. C. CHARAUX et P. DELAUNEY, présentée par M. L. Guignard.

L'un de nous (¹) a montré que le loroglossoside (loroglossine) est très largement répandu parmi nos Orchidées indigènes, puisqu'il a été caractérisé dans 21 espèces appartenant à cette famille.

Le *Listera ovata* R. Br. et l'*Epipactis palustris* Crantz en renferment également, comme on le verra dans cette Note.

Le glucoside a été isolé à l'état cristallisé et pur des racines de ces deux espèces par le procédé suivant :

La racine desséchée et pulvérisée a été traitée par l'alcool à 95° froid et l'extrait alcoolique repris par l'eau. On a épuisé la solution à l'éther et on l'a concentrée en un sirop épais qui s'est pris rapidement en une masse cristalline. Les cristaux ont été redissous dant une très petite quantité d'eau et obtenus ainsi sensiblement incolores.

Après deux nouvelles cristallisations dans l'acétone anhydre contenant un dixième de son volume d'alcool absolu, le pouvoir rotatoire du produit isolé du *Listera ovata* R. Br. était de :

$$[\alpha]_D = -41°,93 \quad (p = 0,1073; \quad v = 10; \quad l = 2; \quad \alpha = -54').$$

5^{cm^3} de solution glucosidique à $1^g,073$ pour 100^{cm^3} additionnés de 5^{cm^3} d'acide sulfurique à 5^g pour 100^{cm^3} ont été maintenus à l'autoclave à $+110°$ pendant deux heures. L'hydrolyse a provoqué le dépôt d'une petite quantité de matière rougeâtre résinoïde. La déviation du liquide a passé de $-27'$ à $+18'$ et il s'est formé $0^g,255$ de glucose pour 100^{cm^3}. (Retour observé 45' ; retour calculé pour le loroglossoside 43'.)

Les rendements en glucoside, obtenus par le procédé ci-dessus, varient beaucoup suivant l'époque à laquelle on récolte les racines. C'est ainsi que, pour le *Listera ovata* R. Br., le rendement le plus élevé, $0^g,77$ pour 100 de racine sèche, a été atteint au moment où les feuilles de la plante commencent à apparaître (fin mars). Vers le milieu d'avril, il a déjà été moindre ($0^g,50$ pour 100). Enfin en mai, pendant la floraison et après, les extraits n'ont plus laissé déposer de cristaux. De même pour l'*Epipactis*

(¹) P. DELAUNEY, *Comptes rendus*, **171**, 1920, p. 435; **172**, 1921, p. 471 ; **176**, 1923, p. 598 ; **180**, 1925, p. 224. — *Contribution à l'étude des glucosides de la famille des Orchidées* [*Thèse de Doctorat universitaire* (*Pharmacie*), Paris, 1924].

palustris Crantz, on n'a pu obtenir de cristaux qu'avec les racines récoltées au début de la végétation et avant le développement des tiges florales.

D'autre part en faisant subir aux parties aériennes de *Listera ovata* R. Br., cueillies au moment de la floraison, la série de traitements décrite dans une récente Communication ([1]) et qui consiste à faire agir l'émulsine sur un extrait purifié, on a pu isoler de cette espèce un produit cristallisé, soluble dans l'éther et présentant les réactions du loroglossigénol (loroglossigénine) : solubilité dans la lessive de soude diluée, coloration rouge framboise par l'acide sulfurique concentré à froid.

Nouvelles réactions du loroglossoside. — Le mélange d'acide sulfurique et de bichromate de potassium donne une coloration rouge qui, au bout de quelques instants, devient jaunâtre en même temps qu'il se développe une odeur prononcée rappelant très nettement celle de l'acide valérianique.

Le réactif de Fröhde donne d'abord une coloration violet bleu passant au violet rouge, puis au rouge.

L'acide azotique à froid dissout les cristaux sans coloration; en chauffant, il se dégage des vapeurs nitreuses. Si l'on ajoute ensuite au produit de la réaction un excès de potasse, il se produit une coloration jaune d'or intense.

BOTANIQUE. — *Le phénomène de* cytomixis *dans les microsporocytes du* Podophyllum peltatum *L.* Note ([2]) de M. **R. de Litardière**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

L'expulsion de substance chromosomique — et parfois aussi nucléolaire — hors du noyau des microsporocytes (expulsion qui se produit surtout pendant la période synaptique), puis son passage à travers la membrane cellulaire dans le cytoplasme de la cellule voisine, est un phénomène très curieux qui a déjà attiré l'attention d'un certain nombre de cytologistes; découvert en 1902 par Kœrnicke chez le *Crocus vernus*, il a été retrouvé par la suite chez plusieurs autres plantes et a surtout été bien étudié par Mlle Digby (1909, *Galtonia candicans*), Gates (1911, *Œnothera biennis* et *gigas*), West et Lechmere (1915, *Lilium candidum*), Gates et Rees (1921, diverses espèces de *Lactuca*), Sinoto (1921, *Iris japonica*). *Gates* (1911) a donné au phénomène le nom de *cytomixis*.

A ma connaissance, aucun auteur n'a encore signalé le processus de

---

([1]) *Loc. cit.*

([2]) Séance du 25 mai 1925.

cytomixis chez le *Podophyllum peltatum*. Dans un certain nombre de microsporocytes, durant le synapsis, on remarque à l'intérieur de la cavité nucléaire, au voisinage de la masse synaptique, de petits corpuscules très sidérophiles, ordinairement plus ou moins arrondis ou ovalaires; assez souvent libres, ils se montrent cependant, dans certains cas, comme une gouttelette terminant nn filament émergeant ou bien encore sont reliés à la masse par un tractus très pâle. Ces corpuscules sont identiques aux *chromatin bodies* décrits par Mlle Digby, West et Lechmere, en particulier.

Ultérieurement, ces corpuscules pénètrent dans le cytoplasme du sporocyte adjacent : certains sont à cheval sur la membrane ou en son voisinage immédiat et se montrent encore réunis à la masse synaptique d'où ils proviennent par un tractus plus ou moins accentué; d'autres sont déjà disséminés dans le cytoplasme. Ils sont plus ou moins arrondis ou ovalaires, quelquefois pyriformes ou de contours un peu irréguliers; ils prennent toujours très fortement l'hématoxyline ferrique et présentent une structure homogène; je n'ai jamais, en effet, remarqué un aspect granuleux comme l'a décrit Mlle Digby pour certains corps chromatiques du *Galtonia candicans*. Leur dimension est variable (leur diamètre n'excède cependant pas 3^{μ}), de même leur nombre (j'en ai compté jusqu'à 18 dans une cellule). Faute de matériel suffisant, je n'ai pu suivre leur évolution ultérieure.

Contrairement aux observations de Mlle Digby et de Sinoto, en particulier, le nucléole ne paraît pas, chez le *Podophyllum peltatum*, participer au phénomène de *cytomixis*.

La cause de l'expulsion de corps chromatiques durant la prophase hétérotypique est un des points des plus controversés et a donné lieu à diverses interprétations. Pour West et Lechmere et aussi Campin (1925), il s'agirait d'un *processus normal;* ce paraît bien être là aussi l'opinion de Mlle Digby. West et Lechmere pensent que les recherches futures démontreront la généralité de ce processus chez les végétaux; ce serait une excrétion de produits de déchet du noyau à un moment où son métabolisme est sujet à des changements subits et profonds, une sorte d'épuration nucléaire. Selon Kœrnicke, l'expulsion serait le résultat d'une condition physiologique anormale au moment de la fixation; Rosenberg et Sinoto sont d'avis qu'il s'agit d'un artefact dû à l'action des fixateurs; enfin Gregory voit là le prélude d'une dégénérescence ultérieure des cellules mères.

D'après mes observations sur le *Podophyllum peltatum*, il me semble certain que l'expulsion chromatique — tout au moins chez cette plante — n'est

pas un processus normal, car beaucoup de noyaux restent intacts : elle paraît *localisée à certains sacs polliniques*. Je ferai remarquer encore que si le processus devait être considéré comme normal, on le rencontrerait chez toutes les espèces, et bien faible est le nombre où a été signalée semblable évolution, en comparaison de la multitude de types dont on a étudié la prophase hétérotypique. Pour ma part, je n'ai pas observé d'expulsions nucléaires chez les *Ranunculus repens* et *Mercurialis perennis*.

L'effet nocif du fixateur ne peut être incriminé, car il agirait différemment suivant les sacs polliniques envisagés, surtout si ces sacs se trouvent situés dans une même zone d'action du liquide. Néanmoins il est possible que certains fixateurs défectueux puissent exagérer le phénomène, amenant un gonflement des corps chromatiques par exemple.

A mon avis, tout porte à croire que l'expulsion des corps chromatiques qui se produit chez le *Podophyllum* (et sans doute aussi chez d'autres plantes, surtout en culture où fréquemment un certain nombre de grains de pollen avortent) est un *signe de dégénérescence des noyaux*, bien que ceux-ci puissent présenter encore par la suite, et assez longtemps, des aspects paraissant normaux. Le phénomène qui se passe au synapsis dans ces cas n'est pas sans analogie avec les particularités que j'ai signalées (¹) dans les racines de certaines Polypodiacées (*Dryopteris spinulosa* subsp. *dilatata*, *D. Filix mas*, *Woodwardia radicans*, entre autres). Chez ces plantes, les noyaux de la zone de grand allongement montrent de nombreux corpuscules chromatiques (parfois vacuolisés) et assez volumineux, formés à partir des filaments chromosomiques, corpuscules qui, lorsque les noyaux se divisent, *sont rejetés dans le cytoplasme*. Ces formations caryosomiques se rencontrent presque exclusivement dans les noyaux âgés.

CHIMIE AGRICOLE. — *Échange de l'ion aluminium des sols de divers types contre l'ion potassium d'un sel neutre*. Note de M. **Ladislas Smolik**, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

Nous avons déterminé la quantité de l'ion aluminium échangeable, dans des sols de divers types tels que les podsols (²), les redzinas (³) et les

(¹) *La Cellule*, 31, 2ᵉ fascicule, 1921, p. 403.

(²) Podsols, sols lavés par les eaux fluviales de telle manière que des sels et des particules colloïdales des couches superficielles ont été transportés dans le sous-sol; les couches superficielles sont alors appauvries en divers éléments.

(³) Redzinas, sols calcifères (marneux, calcaires, dolomitiques).

tchernosems lessivés, contre l'ion potassium du chlorure de potassium. Cet aluminium échangeable est un critérium très important pour juger de la qualité du sol. Les sols qui ont un rapport convenable (¹) entre la silice, l'alumine et les bases n'échangent pas de Al contre l'ion potassium d'un sel neutre. Au contraire dans les sols appauvris en bases (par exemple par la désagrégation due à l'eau) la liaison aluminée est variable dans les alumino-silicates et tantôt l'alumine est mise en liberté, tantôt l'aluminium devient échangeable contre l'ion potassium du chlorure de ce cation. Dans ces derniers sols, il se produit une altération de l'état physique et des propriétés chimiques.

30g de terre sont mécaniquement agités avec 100cm³ d'une solution normale de KCl pendant une heure et dans le filtrat on dose Al^2O^3. Un autre échantillon de la terre est agité avec 100cm³ d'eau distillée et dans le filtrat on détermine également Al^2O^3. La différence des deux résultats est prise comme alumine échangeable.

Nous allons donner quelques résultats :

A. *Aluminium échangé dans les sols du type podsol* (la plupart des sols moraves appartiennent à ce type) : 1° *Sol forestier d'Adamov.* — Podsol proprement dit sur limon (sédimenté après transport par les eaux), dans le calcaire dévonien d'une vallée couverte de futaie d'épicea. Altitude 480m; condensations aqueuses atmosphériques annuelles : 616mm.

	Profondeur en centimètres.	Al^2O^3 échangeable (en mg pour 100g de terre séchée).	Acidité en P_H avec sol de K Cl.	Acidité en P_H avec eau (³).	Hygroscopicité pour 100.
A_0 (²)..	0-3	153	5,40	5,90	10,72
A_1.....	3-17	229	4,51	6,30	4,28
A_2.....	17-34	traces	6,10	6,90	3,67
B_1.....	34-60	165	6,32	7,11	6,01
B_2.....	60-85	148	6,33	7,11	8,10

2° *Sol forestier des environs de Žďár.* — Podsol proprement dit, sur limon

(¹) 3mol SiO^2, 1mol Al^2O^3, 1mol bases; voir R. Gansen, *Comptes rendus de la Conférence extraordinaire agropédologique à Prague*, 1922, p. 209.

(²) D'après Glinka, A_0, A_1, A_2 désignent les couches superficielles des podsols, appauvries en divers éléments; B_1, B_2 désignent les couches du sous-sol enrichies en sels et particules colloïdales aux dépens du sol; C désigne la roche mère.

(³) « avec eau », acidité déterminée dans l'extrait aqueux du sol; « avec solution de KCl », acidité déterminée au moyen de la solution normale de KCl.

sableux friable dans le gneiss sur une colline couverte de futaie d'épicea et de vaccinium myrtillus, altitude 580^{m}; condensations aqueuses atmosphériques annuelles 700^{mm}.

	Profondeur en centimètres.	Al^2O^3 échangeable (en mg pour 100^g de terre séchée).	Acidité en P_H avec sol de KCl.	avec eau.	Hygroscopicité pour 100.
A_0....	0- 15	66,7	3,70	4,90	12,29
A_1....	15- 45	42,2	4,41	6,10	4,81
B.....	45- 55	61,6	4,52	6,10	6,38
C.....	55-100	22,2	4,52	6,13	4,06

3° Autre coupe dans le même terrain, mais la futaie d'épicea sans vaccinium myrtillus.

	Profondeur en centimètres.	Al^2O^3 échangeable (en mg pour 100^g de terre séchée).	Acidité en P_H avec sol de KCl.	avec eau.	Hygroscopicité pour 100.
A_0....	0- 10	51,1	3,70	4,90	11,94
A_1....	10- 25	27,7	4,50	6,10	3,04
B.....	25- 70	95,5	4,51	6,10	8,27
C.....	70-100	21,1	4,80	6,12	3,90

Chez un grand nombre de sols du type podsol, tant forestiers qu'arables, nous avons trouvé l'aluminium échangeable dans toutes les couches. Le maximum de cette forme de l'aluminium était ordinairement dans la couche B; les exceptions étaient rares (voir le sol d'Adamov).

B. *Aluminium échangé dans les sols du type redzina et du type tchernosem:*

1° Redzina typique noire sur marne, aux environs de la ville de Brno. Altitude 205^{m}; condensations aqueuses annuelles atmosphériques 534^{mm}.

	Profondeur en centimètres.	Al^2O^3 échangeable (en mg pour 100^g de terre séchée).	Acidité en P_H avec sol de KCl.	avec eau.	Hygroscopicité pour 100.
A_0....	0- 15	0,00	7,00	7,10	15,48
A_1....	7- 30	0,00	7,10	7,10	15,28
A_2....	30- 60	0,00	7,10	7,00	14,79
B_1....	60-150	0,00	7,10	7,00	13,61
B_2....	150-170	0,00	7,10	7,00	22,52

2° Comme exemple de sol du type tchernosem, nous citerons le sol de Hulín dont la roche mère est le loess. Altitude 200^{m}; condensations aqueuses atmosphériques annuelles 585^{mm}.

	Profondeur en centimètres.	Al^2O^3 échangeable (en mg pour 100g de terre séchée).	Acidité en PH avec sol de KCl.	avec eau.	Hygroscopicité pour 100.
A_0....	10- 20	0,00	7,00	7,30	5,28
A_1....	20- 40	0,00	7,00	7,10	5,93
A_2....	40- 70	0,00	7,00	7,10	5,75
B.....	70-100	0,00	7,00	7,00	6,25
C.....	100-310	0,00	7,00	7,30	6,02

Dans les sols du type redzina et du type tchernosem, nous n'avons pas trouvé d'aluminium échangé contre le potassium du chlorure de potassium.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur la concentration en ions hydrogène dans le tissu des graines*. Note de M. **Antonin Nemec**, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

L'acidité du sol représente un des facteurs les plus importants de l'accroissement des plantes. Des recherches récentes d'Arrhenius (1), de Olsén (2) et d'autres, il ressort que les plantes des grandes cultures agricoles et des prairies montrent des exigences spécifiques quant à la réaction du sol. Il est intéressant de remarquer aussi que, sous le rapport de la concentration en ions hydrogène des sucs de racines, on constate, d'après les études de Kappen (3), chez les diverses espèces végétales, des différences notables. Il est vrai que, selon Stoklasa (4), la concentration en ions hydrogène dans la sève des racines ne varie presque pas d'une plante à l'autre; mais les résultats de ses recherches ne concordent pas avec ceux, obtenus par d'autres savants, qui ont montré une acidité élevée dans le suc des légumineuses, du sarrasin et du maïs.

Dans la présente étude, j'ai voulu voir s'il serait possible de constater des différences particulières dans la réaction des tissus de graines. A cette fin, j'ai déterminé la concentration en ions hydrogène dans l'extrait aqueux, que j'ai obtenu en mélangeant 5g de farine de graines avec 100cm³ d'eau distillée et 2g de toluène et en filtrant après 48 heures du séjour à l'étuve à 27°C.

---

(1) O. Arrhenius, *Zeitschr. Pflanzenernaehr. u. Düng.*, 4, 1924, p. 30.
(2) C. Olsén, *Comptes rendus du Labor. Carlsberg*, 15, 1923, p. 1.
(3) H. Kappen, *Landw. Versuchsstationen*, 91, 1918, p. 1.
(4) J. Stoklasa, *Comptes rendus Ac. d'Agric.*, 10, 1924, p. 833.

Les résultats de ces expériences sont réunis dans le tableau suivant :

Graines.	PH.	Graines.	PH.
Panicum italicum	4,2	*Triticum sativum*	5,6
Plantago media	4,2	*Lens esculenta*	5,6
Trifolium incarnatum	4,3	*Poa pratensis*	5,6
Glycine hispida	4,4	*Chelidonium majus*	5,6
Lupinus luteus	4,5	*Lathyrus sativus*	5,7
Sinapis alba	4,7	*Helianthus annuus*	5,75
Panicum miliaceum	4,7	*Lolium italicum*	5,8
Melilotus officinalis	4,8	*Lupinus angustifolius*	5,8
Nicotiana tabacum	4,8	*Polygonum fagopyrum*	5,8
Ornithopus sativus	4,8	*Medicago sativa*	5,8
Agrostis canina	4,9	*Phaseolus vulgaris*	6,0
Avena sativa	4,9	*Papaver somniferum*	6,0
Linum usitatissimum	5,0	*Festuca pratensis*	6,1
Raphanus sativus	5,4	*Raphanus sativus*	6,1
Onobrychis sativa	5,4	*Lupinus albus*	6,2
Datura stramonium	5,4	*Ricinus communis*	6,2
Vicia faba	5,4	*Pisum sativum*	6,3
Cynosurus cristatus	5,5	*Hordeum distichum*	6,4
Vicia sativa	5,5	*Zea Mays*	6,45

On voit par ces chiffres que la réaction du tissu des graines varie dans de larges limites. Il est intéressant de constater que les graines des plantes adaptées aux sols acides montrent une concentration en ions hydrogène relativement très élevée; au contraire, les plantes se développant le mieux sur les sols plutôt alcalins montrent une réaction du tissu des graines moins considérable. On peut observer ce fait que les graines de lupin jaune, plante qui souffre spécialement de la présence de la chaux dans les sols, sont fortement acides ; d'autre part, les graines de la variété bleue du lupin, qui est moins sensible à la chaux, offrent une concentration en ions hydrogène moindre. La réaction du tissu des semences du lupin blanc, plante indifférente à l'action de la chaux, est presque voisine de la neutralité.

En ce qui concerne les plantes de grande culture des champs, les graines d'orge et de pois, adaptées à la réaction alcaline des sols, ont fourni la concentration en ions hydrogène la moins considérable. De même, on peut remarquer, d'après le tableau suivant, que des relations analogues semblent exister entre la réaction des graines et la concentration en ions hydrogène des sols favorables au développement de certains représentants de la végétation des prairies qu'on a pu examiner.

Espèce.	Optimum de la réaction du sol (en P_H).	Concentration en ions hydrogène des graines (en P_H).
Agrostis canina	5,2	4,9
Poa pratensis	6,2	5,6
Festuca pratensis	6,9	6,1

En résumé, des expériences résumées plus haut il résulte que *la concentration en ions hydrogène des tissus de graines semble indiquer, du moins approximativement, la valeur de la réaction du milieu favorable au développement des plantes à provenir de ces graines.*

PHYSIOLOGIE. — *Influence du temps de coagulation du sang sur la toxicité des sérums.* Note de MM. **Auguste Lumière** et **Rémi Courjon**, présentée par M. Roux.

Quand on injecte dans la circulation du cobaye de 1 à 2^{cm^3} de sérum humain provenant aussi bien d'un sujet sain que d'un malade, on constate que l'injection est tantôt nocive et même mortelle et tantôt inoffensive.

L'un de nous a montré que la toxicité sérique semble provenir de la floculation qui se produit quelquefois par réaction des colloïdes du sérum humain sur les colloïdes plasmatiques du cobaye [1].

La symptomatologie des accidents provoqués par ces injections sériques est extrêmement variable, elle dépend de l'état physique des floculats formés dans ces réactions intercolloïdales. Le même sujet, sain ou malade, pourra fournir un sérum qui sera toxique certains jours et complètement inactif à d'autres moments, bien que les prélèvements soient faits dans des conditions identiques et sans qu'aucune modification apparente soit survenue dans l'état du donneur.

Cette grande variabilité dans les effets des injections sériques nous a fait supposer que des influences minimes étaient susceptibles de les déterminer et que la durée de la coagulation pourrait peut-être avoir une action sur ces phénomènes.

Pour le vérifier, nous avons choisi un certain nombre de malades mentaux (psychasthéniques, déments précoces, épileptiques), dont le sérum

---

(1) Auguste Lumière, *Contribution à l'étude des sérums normaux* (*Comptes rendus*, 179, 1924, p. 790).

s'était montré antérieurement nocif à plusieurs reprises.

Une saignée de 100$^{cm^3}$ a été pratiquée chez chacun d'eux et a été divisée en deux portions égales recueillies dans des récipients de même forme mais dont l'un était chauffé à 25° et l'autre maintenu à 0°, dans la glace fondante.

Aussitôt que la coagulation s'était effectuée dans les récipients à 25°, c'est-à-dire au bout de 15 à 20 minutes environ, on portait les prélèvements dans la glace, de façon que tous les tubes se trouvent par la suite dans les mêmes conditions de température.

La portion mise d'emblée à 0° ne coagule que 2 ou 3 heures après la saignée.

Les sérums ont été séparés des caillots 24 heures plus tard, centrifugés et injectés dans le cœur gauche du cobaye, à la dose de 1$^{cm^3}$.

Voici les résultats de ces essais :

Sérum Roch... — *a*. La portion provenant de la coagulation à 25° provoque un choc, avec chute de l'animal, 40 secondes après l'injection; quelques convulsions surviennent suivies d'un coma de 4 minutes, après lesquelles les convulsions recommencent; à la septième minute, amélioration, quelques soubresauts et la guérison paraît assurée 3 heures après l'inoculation;

b. La fraction coagulée lentement à 0°, administrée de la même manière, ne donne lieu à aucun accident.

Sérum Ch... — *a*. Coagulation à 25°. Convulsions extrêmement violentes. Mort en 3 minutes;

b. Coagulation à 0°. Sérum encore toxique, mêmes symptômes mais atténués, mort en 16 minutes;

Sérum Ey... — *a*. Coagulation à 25°. Convulsions puis coma à la fin de la première minute, l'état s'améliore mais à la vingt-troisième minute, l'animal tombe sur le côté. Mort 45 minutes après l'injection;

b. Coagulation à 0°. Aucun effet immédiat ou tardif.

Sérum Jou... — *a*. Coagulation à 25°. Crise convulsive intense immédiate et coma. Les accidents durent 10 minutes, puis l'animal se rétablit;

b. Coagulation à 0°. Aucune toxicité sérique.

Sérum Jac... — *a*. Coagulation à 25°. L'animal tombe sur le côté, sans convulsions, après une minute et demie, puis se relève, tombe de nouveau. Coma entrecoupé de secousses musculaires. Mort en 35 minutes;

b. Coagulation à 0°. Aucun trouble d'aucune sorte.

Il résulte de cette expérimentation que le fait de retarder la coagulation du sang humain par le refroidissement supprime ou atténue considérablement la toxicité sérique pour le cobaye.

Ces constatations confirment les notions que nous avons formulées relativement au rôle des colloïdes et des floculats dans les phénomènes pathologiques.

HÉMATOLOGIE. — *La genèse des plaquettes sanguines.* Note de M. **L.-M. Betances**, présentée par M. Henneguy.

Nous savons que Wright avait formulé sa théorie sur l'origine mégacaryocytique des plaquettes sanguines, d'après les images qu'il trouve dans des coupes de la moelle osseuse et de la rate fixée dans l'alcool méthylique et colorées par le mélange Leihsman-acétone. Les auteurs, qui ont confirmé cette théorie, l'ont fait en interprétant les mêmes images que Wright et celles obtenues par la méthode de frottis colorés panoptiquement, ou bien celles trouvées dans des coupes ou des frottis du foie embryonnaire de certains Mammifères et qui représentaient soit des mégacaryocytes, soit des cellules monocytoïdes apparemment plaquettogènes, ou enfin des plaquettes libres. D'autre part, les recherches expérimentales n'ont pas apporté pour ou contre cette théorie, des faits très sûrs, et nous nous en tenons, jusqu'ici, à celles d'ordre histologique.

J'ai trouvé, récemment, dans des coupes d'embryons de Porc [1], de 10 à 12^{mm}, colorés par le May-panchrome, que dans le foie de ces embryons, seulement le cytoplasme de quelques mégacaryocytes, de quelques cellules mésenchymateuses et le chromomère des plaquettes, étaient constitués par de fines granulations rouges, dont quelques-unes plus grossières. Les noyaux n'étaient pas colorés, tandis que les autres substratums étaient plus ou moins bleus, excepté le tissu mésenchymateux qui apparaissait en rosâtre dans les parties où l'alcool-acétone avait agi plus longtemps.

A nous en tenir au seul fait de ces images, puisque nous n'avons que ceux d'ordre morphologique comme base de nos connaissances sur la cytogenèse,

---

(1) J'ai pu avoir une superbe collection d'embryons de Porcs qui étaient conservés depuis plus de 10 ans dans la solution de formol à 15 pour 100. Il est à remarquer que, dans les embryons plus âgés, je n'ai pas trouvé des images très nettes.

il est évident que les plaquettes sanguines dérivent de quelques mégacaryocytes et parfois de quelques cellules endothéliales. Toutefois, ces images, plus nettes à notre avis que toutes celles trouvées par d'autres auteurs, ne m'avaient pas satisfait jusqu'à ne pas chercher par une autre méthode spéciale la confirmation de la théorie de Wright. En me rappelant que la méthode *postvitale* au bleu de toluidine de Sabrazès, ne colore en rouge que les noyaux, le chromomère des plaquettes et les granulations γ (celles-ci en rouge grenat), tandis que les cytoplasmes apparaissent colorés en bleu plus ou moins intense ou verdâtres, j'ai pensé que si, en réalité, les plaquettes dérivent du cytoplasme des mégacaryocytes et de quelques cellules endothéliales, ceux-ci, à l'exception de tous les autres, devaient avoir par cette méthode, la même structure morphologique que les plaquettes. En effet, des empreintes sur lame de la moelle osseuse de Souris, colorées par la méthode de Sabrazès, m'ont permis de constater que, en dehors des noyaux et des granulations γ qni étaient colorés en rouge, le cytoplasme seulement de quelques mégacaryocytes était constitué par des amas de fines granulations colorées en rouge; sur un fond bleuâtre. Le cytoplasme de quelques cellules polyvalentes avait, dans certaines parties, une teinte rosâtre et tous les autres cytoplasmes étaient colorés en bleu plus ou moins intense [1]. Il est évident que ces cytoplasmes des mégacaryocytes pouvaient être colorés comme les plaquettes, même sans avoir un rapport quelconque avec elles; mais dans nos préparations, ce n'était pas le cas, car, pour ceux qui sont habitués à voir l'une et l'autre structure morphologique, leur identité n'est pas douteuse.

Quant au mécanisme par lequel les plaquettes se détachent de ces cellules et passent dans les vaisseaux, un examen attentif de nos préparations du foie embryonnaire de Porc, de Lapin, de Mouton et de Souris, ainsi que la moelle osseuse de différents Mammifères, et surtout de rate de Hérisson, nous a permis de penser que ce n'est pas par un mouvement actif de ces cellules qui émettent des prolongements cytoplasmiques et laissent passer ceux-ci dans les vaisseaux sanguins où ils se fragmentent. Le mécanisme m'a paru plus complexe; la cellule ne joue qu'un rôle passif, comme l'a dit récemment Cesaris-Demel; mais d'après ce que j'ai pu voir,

---

(1) Dans ces préparations j'ai pu voir de grosses boules bleuâtres dans le cytoplasme des mégacaryocytes et d'autres plus petites, libres, dans quelques autres cytoplasmes. Je n'ai pas trouvé de granulations colorées en rouge. Ce fait me permet de confirmer ce que j'avais dit avec M. Luna au sujet des granulations de Sabrazès (voir *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 91, 1924, p. 6).

les plaquettes ne se détachent, probablement, du cytoplasme, qu'au moment du passage de la cellule de l'état fixe à l'état libre, ou bien au moment de la réduction de sa surface et l'accroissement de son volume avec division amitotique ou non de son noyau, ou enfin, au moment de la dégénérescence de la cellule. Ces moments sont généralement accompagnés de clasmatose. Seulement, le courant sanguin entraîne les plaquettes de ces cellules qui, d'ailleurs, se trouvent dans le sinus ou leurs limites, ou bien dans les limites de certains vaisseaux, vers l'intérieur.

En conclusion, d'après mes nouvelles observations, il paraît évident que :

1° L'origine embryonnaire des plaquettes est le foie;

2° Celles-ci dérivent des mégacaryocytes (Wright) et, parfois, de quelques cellules endothéliales (plusieurs auteurs);

3° Tous les mégacaryocytes ne produisent pas de plaquettes (Franck, Firket);

4° Pour que cette production s'effectue, il faut qu'au moment de l'augmentation de volume de la cellule, de la division amitotique de son noyau, de sa libération ou de sa dégénérescence, passent dans son cytoplasme des produits nucléaires et que celui-ci se fragmente.

Les plaquettes passent dans les vaisseaux entraînées par le courant des sinus ou des lacunes.

EMBRYOLOGIE. — *Évolution embryologique du débouché endolymphatique chez l'homme.* Note de MM. **H. Châtellier** et **H.-P. Châtellier**, présentée par M. Henneguy.

L'examen que nous avons fait de préparations d'embryons humains par la lecture directe des coupes sériées, sous le contrôle de reconstitutions selon la méthode de Born et de stéréographies d'après la technique de H. Lutigneaux, nous a montré que le débouché endolymphatique passe par les étapes suivantes :

I. Embryon de 15^{mm}. — Le canal endolymphatique se jette par son extrémité inférieure, unique et non évasée, dans la paroi interne, épaisse parce que multistratifiée, de l'atrium. Ce débouché occupe la partie supérieure [1] de la paroi atriale profonde, juste en dedans du point où émerge le canal commun.

---

[1] Nous faisons abstraction de la position dite fœtale et nous supposons au labyrinthe membraneux l'orientation qu'il a chez l'adulte debout.

Sur la même paroi atriale interne, mais notablement plus bas, se dessine une saillie épithéliale creuse et volumineuse. Malgré une différence de forme, nous croyons devoir l'homologuer, en raison de son siège et parce qu'il n'existe nul autre relief pariétal, à ce que P. Denis a décrit chez l'embryon de *Vespertilio murinus* sous le nom de *diverticule utriculo-sacculaire*.

II. Embryon de 20^{mm}. — La différenciation de l'atrium en utricule et en saccule, bien qu'encore incomplète, est rendue déjà évidente par un repli mésenchymato-épithélial détaché de la paroi externe, et dont le bord interne, concave, plonge dans la cavité atriale. On peut donc maintenant préciser que le débouché endolymphatique, qui occupe toujours la partie haute de la paroi épithéliale profonde, se fait au-dessus de l'ébauche de cloisonnement, c'est-à-dire au niveau de l'utricule.

Sur la même face labyrinthique profonde, mais nettement au-dessous du plan de la stricture, donc en plein saccule, se voit une saillie épithéliale creuse, qui ne peut que représenter le diverticule sus-indiqué. Son atrophie est considérable; ce n'est plus qu'un petit ergot, qui confine au pourtour supérieur de la macule sacculaire.

III. Embryon de 28^{mm}. — La progression de dehors en dedans de la cloison achève la séparation utriculo-sacculaire qui est complète, sauf en un endroit, où la concavité du bord libre du diaphragme ménage un orifice de communication directe entre les deux poches épithéliales.

Le canal endolymphatique présente un évasement de son extrémité proximale, toujours indivise, par recul de son pourtour postéro-inférieur; si bien que son débouché n'est plus seulement utriculaire, mais utriculo-sacculaire.

Mais, chose importante, la saillie diverticulaire profonde existe encore en bordure de la tache acoustique sacculaire. Son relief est certes diminué, mais indiscutable et suffisant à prouver que, chez l'homme, l'élargissement de l'ostium endolymphatique n'est pas lié à l'absorption du diverticule.

IV. Embryon de 95^{mm}. — Le labyrinthe membraneux se rapproche beaucoup de sa forme définitive. Le cloisonnement interutriculo-sacculaire a gagné de dehors en dedans, au point de séparer complètement les deux cavités épithéliales. Il a même progressé jusque dans l'extrémité évasée du canal endolymphatique, formant ainsi les deux branches bifurquées, dont l'une aboutit à l'utricule et l'autre au saccule.

A ce stade il est presque impossible de reconnaître le diverticule profond. C'est à peine si l'on peut distinguer, juste au-dessus de la macule sacculaire, une saillie, à peine ébauchée, qui semble indiquer très faiblement son dernier vestige.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Signification des produits de dédoublement formés par le bacille* Coli, *aux dépens du glucose*. Note de MM. **E. Aubel** et **J. Salabartan**, présentée par M. M. Molliard.

Nous avons montré que le bacille *Coli* décompose le glucose suivant :

$$C^6H^{12}O^6 = 2CH^3COCOOH + 2H^2$$
$$2CH^3COCOOH = 2CH^3COH + 2CO^2$$
$$CH^3COH + H^2 = CH^3CH^2OH$$
$$CH^3COH + O = CH^3COOH$$

à côté de ce mode de dégradation, on sait qu'il y a le mode

$$C^6H^{12}O^6 = 2CH^3CHOHCOOH$$

qui explique la présence de l'acide lactique dans les cultures, acide que l'on retrouve pour une quantité voisine de 50 pour 100 du sucre consommé.

Une première question se pose : *Les deux modes de dégradation sont-ils distincts, ou doivent-ils être réunis?* En d'autres termes, l'acide lactique constitue-t-il un intermédiaire entre le glucose et les produits ultimes : alcool, acide acétique, CO^2 ?

La possibilité de cultiver le *Coli* sur milieux synthétiques va nous donner la réponse. Le milieu de base a été décrit dans une Note précédente [1]. On ajoute, pour remplacer le glucose, soit du pyruvate, soit du lactate de soude dans la proportion de 1 pour 100. Deux séries sont faites : les unes aérobies, les autres anaérobies.

En milieu aérobie, la culture est possible dans tous les cas, avec plus de difficultés pour l'acide lactique. En outre, dans ce dernier milieu, il se forme certainement moins de $0^g,1$ pour 100 d'acide pyruvique ; mais si l'on ajoute du nitrate de K, ainsi que l'ont montré Quastel, Stephenson et Weetham, on peut doser jusqu'à $0^g,5$ de l'acide cétonique. Dans le milieu à acide pyruvique, il se produit des quantités d'acide lactique difficilement dosables, décelables par la réaction de Hopkins et de l'ordre de $0^g,1$ pour 1000.

En milieu anaérobie, *la culture est possible sur pyruvate, impossible sur lactate de soude.* Elle ne devient possible sur ce dernier acide que, si, comme Quastel, Stephenson et Weetham, et pour des raisons que nous donnerons, l'on ajoute du nitrate de K.

Donc, et puisque dans le milieu originel il n'y a pas de nitrates, le procès de décomposition du glucose en acide lactique doit être considéré comme

---

(1) E. Aubel et J. Salabartan, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1183.

différent du procès de décomposition en acide pyruvique. Ceci confirme la notion des deux fermentations distinctes soutenue par l'un de nous.

Seconde question : *Pourquoi dans un cas les cultures sont-elles possibles; pourquoi, dans l'autre, ne le sont-elles pas?* Une culture est possible lorsque le microorganisme est capable, aux dépens des matériaux qui lui sont offerts de synthétiser la matière vivante. Or le bacille *Coli* est formé, pour 100^g de poids sec, d'environ :

Albumine	65,4
Hydrate de carbone	10
Graisses	15
Cendres	9,6

Il faut donc, dans le cas particulier examiné ici, qu'aux dépens des sels, du sulfate d'NH^3 et du corps ternaire, le microbe construise ces matériaux. Comment les réactions vont-elles s'effectuer, le bacille *Coli* partant soit de l'acide pyruvique, soit de l'acide lactique?

a. Acide pyruvique. — La formation d'albumine, c'est-à-dire l'amination peut être schématisée par la formation d'alanine :

$$2CH^3COCOOH + 2NH^3 = 2CH^3CHNH^2COOH + O^2 - 82000^{cal}.$$

Cette réaction, impossible spontanément, est rendue réalisable par un couplage du type

$$2CH^3COCOOH + O^2 = 2CH^3COOH + 2CO^2 + 122000^{cal}.$$

La formation d'hydrate de carbone se conçoit suivant :

$$2CH^3COCOOH + 2H^2O = 4CO^2 + 2H^2 + 2CH^4 - 14000^{cal}.$$
$$2CH^3COCOOH + 2H^2 = 2CH^3CHOHCOOH + 16000^{cal}.$$

La conversion de l'acide lactique en glucose qui est endothermique est rendue possible grâce à des couplages aux dépens du même acide lactique, ainsi que Wurmser et l'un de nous l'a démontré.

Quant à la formation d'acide gras, le procès admis (Miss Smedeley) est exothermique et il en est de même de la formation de la glycérine.

Nous ferons remarquer que les produits de déchets : CO^2, H^2,CH^4, CH^2COOH, ont tous été retrouvés dans les cultures de *Coli* sur acide pyruvique (Neuberg et Jamakawa, Karczag et Moczar, R. Cambier et E. Aubel).

b. Acide lactique. — La formation de glucose se fait directement aux dépens de l'acide lactique. Les idées généralement acceptées voient dans l'acide pyruvique l'origine des graisses et de l'alanine. En fait, c'est ce qu'il faut admettre pour le bacille *Coli*. En effet, il ne peut pousser sur acide lactique qu'à la condition de libérer de l'hydrogène et de former corrélativement de l'acide pyruvique. Ceci résulte des expériences

de Quastel, Stephenson et Weetham, et de nos expériences (¹). Si l'on fait la culture en milieu anaérobie, le nitrate est nécessaire et l'on constate qu'il se réduit en même temps que le microbe se développe et que l'acide pyruvique apparaît. Or la formation d'acide pyruvique est endothermique :

$$CH^3CHOHCOOH = CH^2COCOOH + H^2 - 12000^{cal};$$

elle doit être entraînée, et la réduction couplée du nitrate le permet :

$$NO^3K + H^2 = H^2O + NO^2K + 48000^{cal}.$$

Ainsi nous apparaissent la nécessité du stade acide pyruvique et l'explication du rôle des nitrates en milieu anaérobie.

Troisième question : *Quel est le stade qui, dans la transformation du glucose en alcool fournit les matériaux et l'énergie nécessaires au développement?*

De ce qui précède, il résulte d'abord que l'acide lactique formé aux dépens du glucose est un produit de déchet et que le dédoublement qui lui donne naissance n'intéresse pas les synthèses.

D'autre part, la transformation de l'acide pyruvique en alcool s'effectue par une suite de réactions endothermiques. Mais on ne voit pas leur liaison directe avec les synthèses.

Il reste le stade

$$C^6H^{12}O^6 = 2CH^3COCOOH + 2H^2 + 8000^{cal}.$$

C'est la source et des matériaux et de l'énergie, l'acide pyruvique formé ayant deux destins : la matière vivante d'une part, l'alcool d'autre part.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *La théorie statistique de l'adaptation de l'œil au cours de la vision périphérique.* Note de M. **P. Lasareff**, présentée par M. Jean Perrin.

Mes recherches sur la vision périphérique (²) ont démontré que, pour pouvoir expliquer la sensation de l'intensité de la lumière au point de vue de la loi du tout ou rien il faut admettre non seulement la structure mosaïque de la rétine, mais aussi la structure quantique de la lumière.

Dans la présente Note, je développe la théorie de l'adaptation au cours

(¹) La partie expérimentale détaillée sera donnée dans un autre Recueil.

(²) P. Lasareff, *Pflüger's Archiv*, **154**, 1913, p. 459; **155**, 1914, p. 310; **199**, 1923, p. 290; — *Journal de Chimie physique*, **21**, 1924, p. 241. Voir aussi *Recherches sur la théorie ionique de l'excitation*, Moscou, 1918, p. 95,

de la vision périphérique en la basant sur des faits déjà démontrés par moi.

J'admets, dans ma théorie de l'adaptation que la réaction produisant des ions excitants dans les bâtonnets de la rétine est une réaction autocatalytique. Cette réaction commence sous l'influence de la transformation photochimique d'une molécule du pourpre visuel provoquée par l'action d'un quantum de la lumière. D'après cette hypothèse, cette transformation donne une molécule des produits de la réaction photochimique. Pour que l'excitation du nerf optique soit possible il est nécessaire que la concentration du pourpre dans un bâtonnet atteigne une certaine limite.

La réaction de restitution a une vitesse très grande et le nombre des bâtonnets par unité de surface, dans lesquels la restitution se produit dans un intervalle de temps dt, est, d'après notre hypothèse, proportionnel au nombre $(N_0 - N)$ où N_0 est le nombre de bâtonnets sur l'unité de surface.

Nous avons donc

$$dN = \alpha(N_0 - N)\,dt.$$

A l'instant correspondant à t nous avons par conséquent

$$N = N_0(1 - \gamma e^{-\alpha t}),$$

γ étant une fraction dépendant du nombre des bâtonnets restitués à l'instant $t = 0$. Le nombre de bâtonnets excités N_1 dans une seconde doit être égal au produit de N par le nombre de quanta n, qui sont absorbés en une seconde.

Nous avons, par conséquent, ce nombre N_1 égal à

$$N_1 = Nn = nN_0(1 - \gamma e^{-\alpha t}).$$

En multipliant cette expression par la valeur de quantum $q = h\nu$, où ν est la fréquence et h la constante de Planck, nous avons

$$N_1 q = Nnq = nh\nu N_0(1 - \gamma e^{-\alpha t}).$$

Si l'intensité de la lumière atteint la limite inférieure provoquant une sensation, N_1 sera égal à une constante A; $nh\nu$ est l'intensité de la lumière incidente I; par suite, nous pouvons écrire

$$Aq = IN_0(1 - \gamma e^{-\alpha t})$$

ou

$$E = \frac{1}{I} = \frac{N_0}{Aq}(1 - \gamma e^{-\alpha t}),$$

$E = \frac{1}{I}$ est la sensibilité de la rétine; N_0, A et q sont des constantes, et par

conséquent

$$E = E_0(1 - \gamma e^{-\alpha t}),$$

où

$$E_0 = \frac{N_0}{A q}.$$

Nous obtenons, par une méthode statistique, la même formule que j'ai obtenue auparavant (¹) par une méthode tout à fait différente et confirmée par l'expérience.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de l'acide carbonique sur les caséinates calciques. Introduction à l'étude du carbonate de calcium colloïdal.* Note de M. **Ch. Porcher**, présentée par M. L. Lindet.

Dans une Note antérieure (²), nous avons montré que pour obtenir la coagulation du caséinate de chaux par la présure, il fallait le charger d'un sel insoluble susceptible de prendre l'aspect colloïdal en formant avec lui un ensemble stable. Dans le lait, c'est le phosphate de chaux qui remplit ce rôle. Il était intéressant de voir ce que donnerait l'acide carbonique au lieu et place de l'acide phosphorique.

Quand on fait passer lentement, bulle à bulle, CO^2 dans un caséinate, qui soit alcalin à la phtaléine du phénol et contienne par suite plus de 2,50 pour 100 de chaux, on constate que la liqueur blanchit d'autant plus vite que le caséinate est plus chargé en chaux et que l'on opère à une température plus élevée, qui ne doit pas dépasser 50°. Les liqueurs préparées à 0°, tout en ayant la même acidité titrable, sont moins opaques que si elles avaient été obtenues à 30° et, *a fortiori*, à 40° et à 50°. Quand le passage de CO^2 se fait à des températures *inférieures à* 30°, les liqueurs (il s'agissait d'un caséinate à 6,66 pour 100 de chaux) portées au bain-marie à 40°, se prennent, *sans addition de présure*, en une gelée d'autant plus compacte que le passage de CO^2 s'est effectué à plus basse température. Si le barbotage de CO^2 a lieu à 20°, la liqueur donne — toujours sans addition de présure — quand on la porte à 40°, un coagulum qui est friable, alors qu'il devient, au contraire, cohérent, collé aux parois, au point que l'on peut, sans qu'il se détache, renverser le tube et agiter, quand le barbotage mécanique s'est

(¹) *Op. cit.*, p. 111, et *Ionentheorie der Reizung*, p. 17, Berne et Leipzig, 1923.
(²) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1534.

fait dans la glace fondante; mais, si ce dernier s'effectue *au-dessus de* 30°, le caséinate, bien que chargé en carbonate de chaux, ne coagule plus sans présure. C'est que la texture colloïdale de ce dernier sel a été profondément altérée.

Les caillés obtenus *au-dessous de* 30°, *sans addition préalable de présure, ne se rétractent pas ;* le peu de liquide qu'ils laissent exsuder est laiteux par la présence de carbonate de chaux.

Si, dans les liqueurs obtenues par barbotage carbonique à 0°, 10°, 20°, 30°, 40° et 50°, on ajoute *à froid de la présure, et que l'on porte graduellement au bain-marie à* 40°, *tous les tubes coagulent*, et le caillé ne ressemble point à celui que l'on obtient sans présure, quand les circonstances sont favorables. C'est pour les barbotages faits à 10° et 20° que le coagulum est le plus ferme. Très rapidement le caillé se rétracte donnant une masse translucide et laissant exsuder un sérum liquide, comme de l'eau; de petites bulles de CO^2 se collent sur les parois.

Par le passage de CO^2 dans les caséinates alcalins, il se fait du carbonate de calcium colloïdal s'unissant au caséinate pour former un complexe ; la texture colloïdale du carbonate de calcium obtenu dans les conditions ci-dessus est fragile, ainsi que nous l'avons déjà noté.

Quelle que soit la charge initiale en chaux du caséinate, *les complexes caséinate de chaux + carbonate de chaux*, après perte — soit par barbotage d'azote, soit par repos prolongé — de l'acide carbonique en excès qui donnait l'acidité titrable et actionnait l'emprésurage, redeviennent tous neutres à la phtaléine du phénol et ont un P_H dont le millivoltage est de 720.

Le caséinate neutre à la phtaléine (2,50 pour 100 de chaux) et les caséinates acides (moins de 2,50 pour 100 de chaux) ne paraissent pas modifiés par le passage de CO^2 et ne donnent lieu à aucun des phénomènes si nets décrits plus haut. Il faut de toute nécessité que le caséinate soit alcalin, c'est-à-dire permette, grâce à son excès de chaux, la formation de carbonate calcique, pour qu'il coagule, selon les circonstances, avec ou sans présure.

Le rôle capital du carbonate dans la coagulation du complexe est facile à mettre en évidence. Si l'on suit, pour ainsi dire, bulle à bulle, le passage de CO^2 dans un caséinate chauffé à 40° (température qui, comme nous l'avons vu, conduit à un complexe coagulant par la présure, mais ne coagulant plus sans présure) on constate qu'il faut une certaine quantité de carbonate de calcium pour que la coagulation ait lieu par la présure. Tout au début, alors qu'il y a peu de carbonate, il n'y a pas de coagulation ; puis, quand il

s'en forme davantage, on obtient une masse diffluente qui devient de plus en plus ferme, au fur et à mesure que le barbotage s'accentue.

Quand le barbotage se fait à la *température ordinaire* et qu'il dure le temps nécessaire, la charge en carbonate (surtout avec des caséinates très calciques) et la texture de ce sel sont telles que l'ensemble est instable et que. à 40°, *sans présure*, il se prend en masse.

Plus le caséinate originel est riche en chaux, plus les coagulats obtenus au bain-marie à 40° après barbotage carbonique à froid sont peu consistants au point de n'être parfois que des gelées molles très faciles à disloquer par la moindre agitation. C'est qu'on arrive rapidement à ce que nous avons appelé, dans notre précédente Note, la *saturation* du caséinate par le sel calcique — ici, le carbonate, antérieurement, le phosphate — qu'il adsorbe pour former le complexe.

Par le repos à la glacière, pour les complexes très calciques préparés à froid, l'instabilité se traduit à la longue par la formation d'un dépôt visqueux qui n'est autre que le complexe lui-même.

Nous avons ici des phénomènes, en somme, du même ordre que ceux que l'on observe avec le *complexe caséinate de chaux + phosphate de chaux*. Dans le coagulum, c'est le caséinate de chaux qui fait la masse; mais c'est le sel colloïdal, phosphate ou carbonate, qui est le déterminant de la coagulation. La preuve, dans le cas du carbonate, c'est que, si ce sel perd son caractère colloïdal, ce qu'on réalise aisément en chauffant le complexe à une température un peu élevée, la coagulation n'a plus lieu, ou elle ne se fait que difficilement et irrégulièrement; en d'autres termes, *l'aspect du caillot est conditionné par la texture du carbonate calcique*.

BIOLOGIE. — *Caractères généraux des Monstres doubles chez les Phasmides* (¹). Note (²) de M. **P. Cappe de Baillon**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Les caractères généraux des monstres doubles, chez les Vertébrés supérieurs, sont les suivants : 1° les deux composants sont semblables et de même sexe; 2° ils sont unis par des parties similaires; 3° leur structure

---

(¹) P. Cappe de Baillon, *Monstres doubles et intersexués chez les Phasmides* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1371).

(²) Séance du 2 juin 1925.

anatomique est souvent plus complexe que ne le laisse supposer leur morphologie externe; 4° leur taille respective est inférieure à celle d'un sujet normal (¹).

Dans quelle mesure ces caractères conviennent-ils aux monstres doubles des Phasmides?

1. La ressemblance, chez des Insectes, peut porter sur les dimensions du corps, la pigmentation, les anomalies, le sexe. Les deux composants d'un monstre double de Phasmide n'ont pas toujours la même couleur, ni la même taille. La similitude, quand elle existe, n'exclut pas les anomalies unitaires, telles que l'atrophie d'un appendice, par exemple; mais ces particularités individuelles, chez les Phasmides comme chez les Vertébrés supérieurs, sont exceptionnelles. Quant à l'unité de sexe, elle semble la règle; toutefois, elle ne peut être admise, sans réserves, comme un caractère constant, dans un groupe d'Insectes où la reproduction parthénogénétique comporte l'apparition accidentelle de mâles et d'intersexués.

2. L'union des composants se fait par des parties similaires. Le dédoublement longitudinal des segments thoraciques et des segments abdominaux est rare; celui de la tête est, au contraire, fréquent.

L'axe longitudinal des deux corps peut devenir distinct ou demeurer commun.

Dans le premier cas, si les axes individuels convergent vers le haut, une tête normale surmonte un corps unique, muni d'appendices en nombre double; si, au contraire, les axes convergent vers le bas, la tête est double et l'abdomen, réduit ou complètement atrophié.

Les cas les plus nombreux sont ceux où la rotation des deux corps s'effectue autour d'un axe longitudinal commun. Une conséquence intéressante de cette rotation est la fusion plus ou moins parfaite des organes et des appendices céphaliques (yeux, antennes, mandibules, etc.).

L'œil impair médian, l'antenne ou la mandibule impaire médiane, semblent, dans certains cas, compatibles avec la vie et il y a lieu de se demander si la corne frontale, héréditaire, du *Clitumnus cuniculus* Westw. n'était pas simplement, à l'origine, l'antenne impaire d'un monstre double (²).

3. L'anatomie des monstres doubles est souvent plus complexe que ne

---

(¹) E. Chauvin, *Précis de Tératologie*, Paris, 1920, p. 45.

(²) J. C. F. Fryer, *Preliminary note on some experiments with a Polymorphic Phasmid* (*J. Genetics*, 3, 1924, p. 107).

le fait supposer leur aspect extérieur. Un monstre à deux têtes parfaitement fusionnées peut avoir deux cavités buccales ou deux tubes digestifs antérieurs; l'intestin moyen est presque toujours unique. De même, il n'est pas rare de trouver deux ganglions cérébroïdes dans une tête d'apparence régulière.

4. Les deux composants d'un monstre double, considérés isolément, ont une taille inférieure à celle de la larve normale. Cette loi générale, susceptible de présenter quelques exceptions chez les Vertébrés supérieurs, est rigoureuse chez les Phasmides, dont l'œuf, à coque résistante, limite nécessairement le développement de l'embryon.

BACTÉRIOLOGIE. — *Le symplasme bactérien existe-t-il? Cas de l'Azotobacter.* Note de M. J. **Beauverie**, présentée par M. L. Mangin.

Des microbiologistes ont affirmé que les bactéries peuvent au cours de leur évolution perdre leur individualité morphologique par disparition de la membrane et fusion des protoplasmes. Cet état, qui n'aurait rien de commun avec l'autolyse de dégénérescence, serait, au contraire, le point de départ de la production d'éléments régénérateurs. Pour Löhnis, ce serait même une propriété générale du monde des bactéries. L'Azotobacter, dont il a poursuivi une étude approfondie, serait le prototype de cette transformation.

Nous avons repris pour notre compte l'étude déjà faite par plusieurs auteurs de la morphologie et surtout de la cytologie de l'*Azotobacter chroococcum*.

Pendant plus de six mois nous avons cultivé l'Azotobacter et pratiqué des observations journalières sur le vivant et sur préparations fixées et colorées par les méthodes actuellement usitées pour l'étude cytologique des microorganismes. Voici ce que nous avons constaté :

Des préparations fixées et colorées nous ont montré parfois une apparence très nette de symplasme. Des cellules demeurées entières apparaissent plongées dans une masse protoplasmique alvéolaire (comme le cytoplasme intracellulaire). Certaines cellules montrent encore partiellement leur paroi tandis que leur contenu se mêle à la masse protoplasmique diffuse. Çà et là se manifestent des granules très colorables, très petits ou assez gros. S'agit-il d'un symplasme au sens des néo-polymorphistes? Rien ne permet de l'affirmer. Le fait devrait s'observer fréquemment, ce n'a pas été notre cas;

nous n'avons pu le vérifier sur le vivant. Il nous a paru une conséquence de l'étalement du frottis s'exerçant sur des cellules à parois fragiles correspondant à un état particulier des cultures. Il peut provenir aussi d'un état voisin de l'autolyse de dégénérescence.

Mais, nous dit-on, ce symplasme est, au contraire, régénérateur car on voit apparaître dans son sein des éléments petits (gonidies) ou assez volumineux (corps régénérateurs). Examinons cet argument. Löhnis dit avoir coloré toutes les préparations reproduites dans son Mémoire (1923) par la fuchsine aqueuse. Si son étude a été faite sans plus de moyens histologiques, il n'apparaît pas surprenant qu'il ait pris pour des unités morphologiques : corps régénérateurs, gonidies, etc., de simples éléments granuleux. Les corpuscules métachromatiques, notamment, jouent dans la différenciation cytologique de l'Azotobacter un rôle de premier plan. Leur non-différenciation peut entraîner aux interprétations les plus erronées. Ils présentent, au surplus, une particularité notable qui nous a depuis longtemps frappé, tant chez les champignons que chez les bactéries, celle de persister parfois après la disparition cellulaire [1]. Chez l'Azotobacter, des cellules en voie de dégénérescence ou, peut-être aussi, désorganisées par l'opération du frottis sur lame, lorsque les parois des cellules sont minces et fragiles, abandonnent des corps métachromatiques quelquefois volumineux, quelquefois formés d'un gros élément ovoïde auquel se juxtapose un plus petit, le tout offrant l'aspect d'une cellule bourgeonnante que l'on prendrait à tort pour un corps régénérateur; ou bien ils sont très petits et ont pu être qualifiés à tort de gonidies. Enfin, il est aussi des cellules à parois épaissies, véritables éléments kystoïdes, que n'affecte pas la fonte cellulaire, qui persistent donc sur l'apparence de symplasme, et qui n'ont rien de commun avec des corps régénérateurs.

Il se produit, d'autre part, dans les parties sèches et brun Van Dyke de la culture, un phénomène sur lequel nous insisterons ailleurs. Il consiste essentiellement en une contraction du contenu total de la cellule qui se rassemble en une sphère unique tandis que la membrane disparaît progressivement. Ces restes de membranes peuvent former un fond plus ou moins flou et colorable sur lequel se détachent lesdits corps endogènes que l'on pourrait interpréter à tort comme des corps régénérateurs nés d'un symplasme.

---

(1) Cf. notre Note : *Corpuscules métachromatiques et phagocytose chez les végétaux* (*C. R. Soc. de Biologie*, 25, 15 juillet 1913, p. 285).

En somme, une étude poursuivie bien au delà du temps que les auteurs disent nécessaire pour constater la formation de symplasmes et mettant en œuvre les ressources actuelles de la technique de l'étude cytologique des bactéries, ne nous a pas permis de constater l'existence d'aspects correspondant à un symplasme régénérateur qui ne fussent le résultat d'une dégénérescence, d'un artifice de préparation, d'une contamination, d'une interprétation erronée de soi-disant corps régénérateurs ou gonidies. Pour nous, la formation du symplasme bactérien n'est point démontrée.

CHIMIE PATHOLOGIQUE. — *Mécanisme régulateur du métabolisme des purines et diabète insipide.* Note de M. **Charles Kayser** et Mlle **Éliane Le Breton**, présenté par M. Henneguy.

Dans une série de belles recherches, Jean Camus, Roussy et Gournay [1] ont montré que les lésions superficielles du noyau propre du *tuber cinereum* déterminaient un diabète insipide typique. Camus et Gournay ont fait des observations touchant le métabolisme des purines chez les animaux opérés, qui, rapprochées des faits constatés dans le diabète insipide de l'homme, les ont conduits à formuler une hypothèse sur le mécanisme de la diurèse normale et pathologique et à admettre l'existence d'un centre régulateur du métabolisme des nucléoprotéides. Leurs constatations expérimentales peuvent se résumer ainsi :

1° Dans l'urine des chiens à tuber lésé, polyuriques, les oxypurines augmentent en même temps que l'acide urique diminue considérablement ou disparaît.

2° Les phénomènes sont identiques dans le diabète insipide chez l'homme : augmentation des oxypurines par rapport à l'acide urique ; disparition totale de l'acide urique pour des polyuries dépassant 10^{l} avec éliminations de purines totales pouvant dépasser 3^{g}.

3° En injectant au chien normal un mélange d'amino-purines (guanine + adénine), Camus et Gournay ont observé des polyuries nettes pouvant durer plusieurs jours.

Ces auteurs en déduisent « que le diabète insipide est lié à un trouble du métabolisme des purines..., qu'il se trouve sous la dépendance de bases

(1) Camus et Roussy, *C. R. Soc. Biol.*, 86, 1922, p. 1008. — Camus, Roussy et Le Grand, *C. R. Soc. Biol.*, 86, 1922, p. 1070. — Jean Camus, Gournay et Fiterre, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 289. — Camus et Gournay, *C. R. Soc. Biol.*, 99, 1924, p. 335. — Camus et Gournay, *C. R. Soc. Biol.*, 91, 1924, p. 1137. — Camus et Gournay, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 172.

puriques diurétiques fabriquées en excès par l'organisme ». Ils font l'hypothèse que dans la région du tuber doit exister un centre régulateur du métabolisme des nucléoprotéides qui commande la diurèse aussi bien à l'état normal que pathologique.

Les recherches que nous poursuivons sur le métabolisme des purines ne nous permettent pas de souscrire aux hypothèses de Camus et Gournay, et nos résultats expérimentaux sont en désaccord sur bien des points avec ceux de ces auteurs.

1° Chez le chien normal, l'acide urique n'existe dans l'urine qu'en quantités très faibles. On trouve souvent huit et dix fois plus d'oxypurines que d'acide urique, ce qui se comprend puisque chez cet animal l'acide urique est presque totalement oxydé jusqu'au stade allantoïne avant l'élimination. La lésion du tuber n'ajoute rien au phénomène normal et c'est le rapport des bases puriques à l'allantoïne qu'il faudrait étudier.

2° Nous avons confirmé antérieurement [1] l'augmentation du rapport $\frac{\text{bases puriques}}{\text{acide urique}}$ signalée par Camus et Gournay dans l'urine de diabète acide insipide chez l'homme. Mais nous n'avons jamais trouvé d'éliminations de purines totales atteignant ou dépassant 3g. Nos constatations sont en accord sur ce point avec celle de Rotky [2]. Nous n'avons jamais vu l'acide urique disparaître totalement.

Comment expliquer le désaccord de ces résultats? Nos méthodes de dosage sont différentes [3]. L'emploi du procédé de Ronchèse pour doser l'acide urique sur des urines de polyuriques, lorsqu'elles ne sont pas systématiquement ramenées au volume urinaire normal (2 litres au maximum), peut expliquer l'apparente disparition de cet acide. Comme nous l'avons observé, il suffit de diluer l'urine normale de six à huit fois son volume pour que l'acide urique ne précipite plus à l'état d'urate d'ammoniaque. Nous ne nous expliquons pas les énormes éliminations de purines totales observées par Camus et Gournay dans les polyuries dépassant dix litres [4].

---

(1) Éliane Le Breton et Charles Kayser, *Comptes rendus Soc. Biol.*, 91, 1924, p. 1135.

(2) Rotky, *Deutsches Archiv für klin. Medizin*, 98, 1910, p. 540.

(3) Elles seront exposées ailleurs. Nous isolons les purines totales par double précipitation au cuivre et séparons ensuite l'acide urique par cristallisation (Krüger-Schittenhelm).

(4) Nous n'avons jamais travaillé que sur l'urine de sujets soumis à un régime strictement sans purines.

3° Quant à l'action diurétique des aminopurines chez le chien, nous ne l'avons jamais retrouvée, en nous plaçant dans les meilleures conditions expérimentales (animaux mis au régime d'Ambard pour la concentration maxima). Nous avons injecté : 1° du chlorhydrate de guanine; 2° du sulfate d'adénine; 3° un mélange de ces deux aminopurines; 4° les nucléotides de guanine et d'adénine. L'augmentation du volume urinaire ne correspondait qu'à celui de l'eau employée dans l'injection. Le détail de ces expériences paraîtra ailleurs; elles sont en accord avec l'opinion classique qui veut que seules les méthylpurines naturelles ou synthétiques soient diurétiques.

Devant ces constatations nous ne pouvons souscrire aux hypothèses de Camus et Gournay qui voient dans un trouble du métabolisme des purines — certaines d'entre elles étant diurétiques — l'origine des polyuries. Bien plus, nous pensons au contraire que c'est la polyurie qui entraîne l'augmentation relative des oxypurines dans l'urine. Il suffit en effet de provoquer chez l'homme normal une polyurie par ingestion d'eau pour voir augmenter le rapport $\frac{\text{oxypurines}}{\text{acide urique}}$.

Voici un exemple numérique :

Sujet sain : 28 ans. Régime sans purines. Ingestion d'eau.
Résultats en milligrammes.

Dates.	Volume urin. (cm³)	Oxypurines.	Acide urique.	Purines totales.	Rapport $\frac{\text{Oxypurines}}{\text{Acide urique}}$.
8 novembre.....	900	95,9	495	590,9	1:5,1
9 »	3800	69,5	298,6	368,1	1:4,3
10 »	3460	148,4	298,8	447,2	1:2
3 décembre.....	730	68,1	376,8	444,9	1:5,5
4 »	3600	128,5	327,2	455,7	1:2,6
5 »	4000	115,2	403,2	518,4	1:3,5
6 »	5020	130,8	436,5	567,3	1:3,3

L'interprétation la plus simple des faits observés serait la suivante : l'oxydation des oxypurines en acide urique se ferait au niveau du rein et, dans le cas de polyurie, la faible concentration des oxypurines d'une part, le temps très court pendant lequel elles subissent l'action des ferments oxydants d'autre part, suffiraient à rendre compte de l'augmentation des oxypurines dans l'urine.

A notre avis aucun des faits actuellement établis ne permet de croire à l'existence dans la région du *tuber cinereum*, « d'un centre régulateur du métabolisme des nucléoprotéides », associé au centre régulateur des échanges d'eau dont l'existence est indiscutable.

PATHOLOGIE ANIMALE. — *Sur les altérations cytologiques au cours de l'évolution de la maladie du noyau des chenilles de* Pieris Brassicæ *L.* Note (1) de M. **Paillot**, présentée par M. Marchal.

Dans une Note précédente (2), nous avions admis que les corps réfringents qui naissent dans certaines cellules sanguines et dans les cellules adipeuses des chenilles de Piéride en voie d'infection, étaient d'origine nucléaire et devaient être considérés comme les homologues des corpuscules polyédriques qui caractérisent les autres maladies du noyau. Nos recherches histologiques et cytologiques ultérieures nous ont montré que l'homologie entre les deux formations pathologiques n'était qu'apparente et que les corps réfringents avaient une origine toute différente de celle des corpuscules polyédriques.

Nous avions considéré que les amas chromatophiles observés dans le cytoplasme des micronucléocytes, après coloration des frottis de sang avec le mélange de Giemsa, étaient constitués par de la chromatine diffuse exsudée du noyau; l'étude des altérations cytologiques sur coupes colorées à l'hématoxyline au fer, après fixation au mélange de Dubosq-Brasil, nous avait confirmé dans notre première opinion. Si l'on traite au contraire des chenilles infestées par les méthodes dites mitochondriales (fixation proprement dite au formol salé ou au bichromate-formol de Regaud et postchromisation prolongée), qu'on colore ensuite les coupes d'après la méthode de Kull (fuchsine acide-bleu de toluidine), on constate que la formation des corps réfringents est indépendante des altérations nucléaires et qu'elle est d'origine exclusivement cytoplasmique.

Nous étudierons le processus des altérations cytologiques dans la cellule adipeuse. Le chondriome normal, dans cette cellule, est constitué par des chondriocontes très fins et des chondriomites ténus disposés entre les globules de graisse et répartis dans toute la cellule. Dans la cellule en voie d'infection, on observe d'abord que les chondriocontes se fragmentent et donnent naissance, comme dans la grasserie du Ver à soie, à des granules très petits; les granules s'accumulent ensuite dans certaines parties du cytoplasme, semblent gonfler puis se fondre en une masse plus ou moins

(1) Séance du 4 mai 1925.

(2) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1353.

homogène colorable en rouge par la fuchsine; cette masse s'étire, se divise et se ramifie, donnant ainsi naissance à une sorte de réseau dont l'aspect est semblable à celui des corps réfringents observés à l'état frais. Il semble donc, d'après ces observations, que les corps réfringents résultent directement d'une altération du chondriome des cellules sensibles à l'infection.



Transformation en cellules géantes, d'œnocytoïdes du sang de Piéride atteinte de la maladie du noyau. *a*, œnocytoïde au début de la transformation (fusion de quelques chromosomes); *b*, *c*, *d*, phases successives de la multiplication du noyau principal; *e*, cellule géante multinucléée.

Si l'on colore par la méthode de Kull des coupes provenant de chenilles infestées fixées par le mélange de Dubosq-Brasil, on constate que les corps réfringents se colorent électivement en rouge; les couronnes, observées très fréquemment à l'état frais dans les micronucléocytes, apparaissent avec une netteté particulière. Ce fait pourrait constituer un argument contre la théorie de l'origine mitochondriale des corps réfringents s'il était prouvé que les liquides fixateurs renfermant de l'acide acétique détruisent le chondriome; mais cette démonstration n'est pas faite. Nous avons fréquemment observé, au contraire, que dans les coupes traitées comme il vient d'être indiqué, le chondriome de certains tissus, comme le tissu musculaire, était assez bien conservé et se colorait en rouge par la fuchsine acide. On peut aussi faire observer que la substance qui constitue les corps réfringents n'est vraisemblablement plus la même que celle dont les mitochondries normales sont formées; sa résistance à l'action des fixateurs peut être augmentée de même que son affinité pour la fuchsine acide.

Les altérations nucléaires sont moins caractéristiques que dans la grasserie du Ver à soie; on observe cependant, comme dans cette dernière

maladie, une sorte de concentration de la substance nucléaire et la formation de masses plus ou moins grosses très chromatophiles. La destruction des micronucléocytes et des œnocytoïdes du sang est plus rapide que dans les autres maladies du noyau. En dehors de cette destruction cellulaire, on peut observer des phénomènes de multiplication nucléaire et la formation de cellules géantes multinucléées. Seuls, les œnocytoïdes sont le siège de tels phénomènes; la multiplication des noyaux n'a pas lieu suivant un type bien défini : dans un certain nombre de cellules, on observe que les noyaux secondaires résultent d'une sorte de pulvérisation de la chromatine du noyau principal; c'est le cas figuré en *c*; dans d'autres cellules, on observe des figures qui rappellent certaines phases de la division caryocinétique; ces figures sont nombreuses dans la cellule géante figurée en *e*. On peut rapprocher la formation de ces cellules géantes de celles qui apparaissent dans le sang des chenilles de Piérides parasitées par les *Apanteles* et dont nous avons signalé pour la première fois l'existence en 1918 [1]. Les unes et les autres dérivent des mêmes éléments du sang : les œnocytoïdes; mais les premières sont multinucléées et sont détruites très rapidement, alors que les autres sont uninucléées, résistent à l'action du virus et possèdent un chondriome très développé qui ne subit aucune altération au cours de l'évolution de la maladie.

A 15^h45^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures et demie.

É. P.

---

(1) *C. R. Soc. Biologie*, 81, 1918, p. 187.

ERRATA.

(Séance du 25 mai 1925.)

Note de M. *Paul Pascal*, Recherches magnétochimiques sur la formation des chaînes fermées et des groupements nucléaires dans les composés organiques :

Page 1596, dernière ligne, *au lieu de* +14,5, *lire* —14,5.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de mai 1925 (*suite*).

Lessons on soil, by E. J. Russell. Cambridge, University Press, 1922; 1 vol. 20cm.

Farm soil and its improvement, by John Russell. London, Ernest Benn, 1923; 1 vol. 21cm.

The micro-organisms of the soil and others, by John Russell London, Longmans, Green and Co, 1923; 1 vol. 22cm.

Lampes, tubes et valves électriques; étude des caractéristiques; construction; essais; usages, par H. Pécheux. Paris, Delagrave, 1925; 1 vol. 25cm,5.

La télégraphie sans fil, la téléphonie sans fil, applications diverses, par G.-E. Petit et Léon Bouthillon. Paris, Delagrave, 1925; 1 vol. 25cm,5.

Astronomia geodetica, geodesia e topografia, par G. Abetti, A. Alessio, C. Antilli, J. A. Spranger, N. Venturi Ginori, H. Wood. Bologna, Nicola Zanichelli, 1925; 1 vol. 31cm.

(*A suivre.*)